

Analyse der Futter- und Wasseraufnahme sowie von Merkmalen des Aktivitätsverhaltens bei Milchkühen im ante partalen Zeitraum – Grundlagen für ein sensorbasiertes Tiermonitoring

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

doctor rerum agriculturalarum

(Dr. rer. agr.)

eingereicht an der

Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät

der Humboldt-Universität zu Berlin

von

MSc., Dipl.agr.ing. Siraj Raya

Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin

Prof. Dr. Jan-Hendrik Olbertz

Dekan der Landwirtschaftlich-Gärtnerischen Fakultät

Prof. Dr. Dr. h.c. Frank Ellmer

Gutachter:

1. Prof. Dr. Dr. h.c. Otto Kaufmann
2. Prof. Dr. Samuil Moussa
3. Prof. Dr. Reiner Brunsch

Tage der mündlichen Prüfung: 07.07.2011

Meinen Eltern

Meiner Frau und meiner Tochter Riua

„Gedruckt mit Unterstützung des Deutschen Akademischen Austauschdienstes“

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denen bedanken, die mich in den letzten Jahren auf vielfältige Weise unterstützt und so die Entstehung dieser Arbeit erst möglich gemacht haben.

Herrn Prof. Dr. Otto Kaufmann danke ich für die Überlassung einer interessanten Themenstellung und für die jederzeit gewährte freundliche, verständnisvolle sowie wissenschaftliche Unterstützung.

Sehr herzlich danke ich Dr. Lutz Hasselmann, der mir als unmittelbarer Betreuer stets mit Rat und Tat zur Seite stand. Er hatte immer ein offenes Ohr für Fragen und Probleme, nicht nur im fachlichen Bereich.

Der DAAD-Stiftung, die durch großzügige finanzielle Unterstützung die Entstehung dieser Arbeit ermöglicht hat, fühle ich mich ebenfalls zutiefst zu Dank verpflichtet.

Für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung der Versuchsergebnisse danke ich Herrn Prof. Dr. Hans Strohe, Lehrstuhl für Statistik und Ökonometrie, Universität Potsdam.

Mein besonderer Dank gilt den Mitarbeitern der Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau, Sachsen-Anhalt, „Zentrum für Tierhaltung und Technik“, Iden, für die Bereitstellung des Datenmaterials sowie die Hilfe bei der Versuchsdurchführung und der Gestaltung meines Arbeitsaufenthaltes.

Sehr dankbar bin ich auch Dr. Manfred Krockner für seine freundliche Hilfsbereitschaft im Rahmen meines Aufenthaltes in Deutschland.

Ich danke allen Mitarbeitern und Mitarbeiterinnen des Fachgebiets Tierhaltungssysteme und Verfahrenstechnik für die freundliche Atmosphäre und für alle gewährten Hilfen. Frau Brigitte Wedeleit danke ich für die vielseitige Hilfeleistung beim Verfassen der Arbeit.

Ganz besonders möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Samuil Moussa bedanken.

Nicht zuletzt möchte ich von ganzem Herzen meinen Eltern für ihre umfangreiche Hilfe während der Zeit der Erstellung der Arbeit danken, sowie meiner Frau für ihre Geduld, ihr Verständnis und ihren Beistand.

Abstract (deutsch)

In Untersuchungen an 76 hochtragenden Friesian Milchkühen wurden durch sensorgestützte Messverfahren die Parameter des Futter-Wasseraufnahme, Fress-Trinkverhalten, Bewegungs- und Liegeverhaltens erfasst.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Analyse und Modellierung ausgewählter Verhaltensparameter von Hochleistungskühen im antepartalen Zeitraum mittels automatischer Überwachungssysteme. Ein weiteres Ziel war die Bewertung der Verhaltensparameter in Bezug auf ihre Aussagequalität bei der Erkennung von Abkalbungen und Geburtsverlauf.

Mit Hilfe einer Strukturbruchanalyse wurde 24 Stunden vor der Abkalbung ein deutliches Signal registriert, für alle Tiere zutreffend und unabhängig vom Geburtsverlauf, das geeignet ist, die Vorhersage des Geburtszeitpunktes vorzunehmen. Für die letzten 24 Stunden a.p. konnten für Kühe mit leichtem oder schwerem Geburtsverlauf sehr unterschiedliche Konstanten und Koeffizienten des Gleichungssystems berechnet werden.

Schlagwörter:

Strukturbruchanalyse, Schweregeburt, Tierverhalten, Abkalbung, Milchkühe

Abstract (englisch)

This study was carried out to monitor the behaviour in the prepartum period of 76 Holstein dairy cows in the last week of pregnancy by using a sensor-based technology. The reviewed behaviour indicators were lying behaviour and moving activity, Dry matter intake, Feeding behaviour, Water intake and Drinking Behaviour.

Cows showed differences in their behaviour especially in the last 24 hours before calving.

The Change-Point Analysis, Chow-Test and CUSUMQ-Test method proofed that there is a significant difference in the behaviour between 72 h. to 24 h. a.p. and 24 h. to the time of calving.

It can be assumed that a sensor-based technique combined with different data analyzing methods can be used to predict the time of calving and the calving ease.

Keywords:

Change Point Analyse, Dystocia (Difficult Calving), Animal Behaviour, Calving, Dairy cows

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-------------|
| Abstract (deutsch) | I |
| Abstract (englisch)..... | II |
| Inhaltsverzeichnis..... | III |
| Abbildungsverzeichnis | V |
| Tabellenverzeichnis | VIII |
| Abkürzungsverzeichnis..... | IX |
| 1 Problem und Zielstellung..... | 1 |
| 2 Literaturübersicht..... | 3 |
| 2.1 Stoffwechselsituation der Milchkühe im peripartalen Zeitraum..... | 3 |
| 2.2 Futteraufnahme und Fressverhalten | 8 |
| 2.3 Wasseraufnahme und Trinkverhalten..... | 13 |
| 2.4 Geburtsverlauf..... | 17 |
| 2.5 Ruhe- und Bewegungsverhalten..... | 23 |
| 2.6 Einsatz elektronischer Datenerfassungsgeräte bei Milchkühen | 26 |
| 3 Material und Methode | 31 |
| 3.1 Versuchsanstellung und Versuchstiere..... | 31 |
| 3.2 Haltungsform und Fütterung der Kühe | 32 |
| 3.3 Tränketchnik..... | 34 |
| 3.4 Pedometer..... | 35 |
| 3.5 Geburtsverlauf..... | 37 |
| 3.6 Statistische Methoden | 38 |
| 3.6.1 Strukturbruchanalyse..... | 38 |
| 3.6.1.1 Chow-Test | 40 |
| 3.6.1.2 CUSUMQ-Test..... | 42 |
| 3.6.2 Zusammenfassung der statistischen Methoden | 42 |
| 4 Ergebnisse und Diskussion | 43 |
| 4.1 Analyse und Bewertung des Kalbeverlaufes..... | 43 |
| 4.2 Trockensubstanzaufnahme und Merkmale des Fressverhaltens | 44 |
| 4.2.1 Verlauf der Parameter im Zeitraum vom 7. Tag a.p. bis zum Tag der Abkalbung sowie stundenweiser Verlauf in den letzten 72 Stunden a.p. | 44 |
| 4.2.1.1 Trockensubstanzaufnahme | 45 |
| 4.2.1.2 Fressdauer | 49 |
| 4.2.1.3 Fressfrequenz | 51 |
| 4.2.2 Zeitreihenanalyse für die <i>Trockensubstanzaufnahme</i> und das Fressverhalten..... | 52 |
| 4.2.2.1 Trockensubstanzaufnahme | 52 |
| 4.2.2.2 Fressdauer..... | 55 |
| 4.2.2.3 Fressfrequenz | 57 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 4.2.3 | Zeitreihenanalyse der Trockensubstanzaufnahme und des Fressverhaltens unter Berücksichtigung des Geburtsverlaufs..... | 59 |
| 4.2.3.1 | Trockensubstanzaufnahme | 59 |
| 4.2.3.2 | Fressdauer..... | 62 |
| 4.2.3.3 | Fressfrequenz | 64 |
| 4.3 | Wasseraufnahme und Merkmale des Trinkverhaltens | 66 |
| 4.3.1 | Verlauf der Parameter im Zeitraum vom 7. Tag a.p. bis zum Tag der Abkalbung sowie stundenweiser Verlauf in den letzten 72 Stunden a.p. | 66 |
| 4.3.1.1 | Wasseraufnahme | 67 |
| 4.3.1.2 | Trinkdauer | 69 |
| 4.3.1.3 | Trinkfrequenz | 71 |
| 4.3.2 | Zeitreihenanalyse für die Wasseraufnahme und das Trinkverhalten | 73 |
| 4.3.2.1 | Wasseraufnahme | 73 |
| 4.3.2.2 | Trinkdauer | 76 |
| 4.3.2.3 | Trinkfrequenz | 78 |
| 4.3.3 | Zeitreihenanalyse der Wasseraufnahme und des Trinkverhaltens unter Berücksichtigung des Geburtsverlaufs..... | 80 |
| 4.3.3.1 | Wasseraufnahme | 80 |
| 4.3.3.2 | Trinkdauer | 83 |
| 4.3.3.3 | Trinkfrequenz | 85 |
| 4.4 | Bewegungsaktivität und Ruheverhalten..... | 87 |
| 4.4.1 | Verlauf der Parameter im Zeitraum vom 7. Tag a.p. bis zum Tag der Abkalbung sowie stundenweiser Verlauf in den letzten 72 Stunden a.p. | 87 |
| 4.4.1.1 | Schrittzahl..... | 88 |
| 4.4.1.2 | Dauer für Stehen und Bewegen..... | 90 |
| 4.4.1.3 | Liegedauer | 92 |
| 4.4.2 | Zeitreihenanalyse für Bewegungsaktivität und Ruheverhalten..... | 95 |
| 4.4.2.1 | Schrittzahl..... | 95 |
| 4.4.2.2 | Stehen und Bewegen | 97 |
| 4.4.2.3 | Liegedauer | 99 |
| 4.4.3 | Zeitreihenanalyse für Bewegungsaktivität und Ruheverhalten unter Berücksichtigung des Geburtsverlaufs..... | 101 |
| 4.4.3.1 | Schrittzahl..... | 101 |
| 4.4.3.2 | Gesambewegungsdauer..... | 103 |
| 4.4.3.3 | Liegedauer | 106 |
| 5 | Schlussfolgerungen..... | 109 |
| 5.1 | Trockensubstanzaufnahme und Fressverhalten..... | 109 |
| 5.2 | Wasseraufnahme und Trinkverhalten..... | 111 |
| 5.3 | Bewegungsaktivität und Ruheverhalten..... | 112 |
| 6 | Zusammenfassung..... | 117 |
| | Literaturverzeichnis..... | 119 |
| | Eidesstattliche Erklärung..... | 135 |

Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abb. 1: Definition der „Transition Periode“ (GRUMMER 1995; DRACKLEY 1999)..... | 3 |
| Abb. 2: Schematische Darstellung der Stoffwechselregulation vor allem in der Frühlaktation (BUSCH et al 2003)..... | 7 |
| Abb. 3: Fressverhalten von Kühen (Mischration einmal täglich vorgelegt) nach HARMS 2004..... | 12 |
| Abb. 4: Trinkfrequenz (links) und Trinkdauer (rechts) bei Holstein-Kühen a.p und p.p. Huzzey et. al. (2005) | 16 |
| Abb. 5: Verschiedene Liegepositionen von Kühen. A Grundlage, B Halbseitenlage, C Seitenlage (KATZ, 2006)..... | 24 |
| Abb. 6: Durchschnittliche tägliche Aktivitätsverteilung einer Kuh in Prozent, modifiziert nach ZEEB (1986) | 25 |
| Abb. 7: Einsatzbereiche der Prozeßsteuerung in der Rinderhaltung (ANNE, 2005 nach WENDL, 1998) | 27 |
| Abb. 8: Futtertrog mit automatischer Wiegeeinrichtung, Zeiterfassung und Kuherkennung | 33 |
| Abb. 9: Einzeltiertränke im Versuchsstall..... | 34 |
| Abb. 10: Kuh mit Pedometer im Versuchsstall..... | 36 |
| Abb. 11: Komponenten des Strukturbruchs | 39 |
| Abb. 12: Verlauf der TS-Aufnahme pro Tag bei Färsen und Kühen vom 7. Tag a.p bis zur Abkalbung..... | 45 |
| Abb. 13: Verlauf der TS-Aufnahme pro Tag, bezogen auf die metabolische Lebendmasse, bei Färsen und Kühen vom 7. Tag a.p bis zur Abkalbung | 46 |
| Abb. 14: TS-Aufnahme pro Stunde aller Versuchstiere ab 72. Stunde a.p..... | 47 |
| Abb. 15: Verlauf der Fressdauer pro Tag bei Färsen und Kühen vom 7. Tag a.p bis zur Abkalbung..... | 49 |
| Abb. 16: Fressdauer pro Stunde aller Versuchstiere ab 72. Stunde a.p. | 50 |
| Abb. 17: Verlauf der Fressfrequenz pro Tag bei Färsen und Kühen vom 7. Tag a.p bis zur Abkalbung | 51 |
| Abb. 18: Fressfrequenz pro Stunde aller Versuchstiere ab 72. Stunde a.p. | 52 |
| Abb. 19: CUSUMQ der TS-Aufnahme der Versuchstiere..... | 53 |
| Abb. 20: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Trockensubstanzaufnahme ab 72. Stunde a.p. | 54 |
| Abb. 21: CUSUMQ der Fressdauer der Versuchstiere | 55 |
| Abb. 22: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Fressdauer ab 72. Stunde a.p..... | 56 |
| Abb. 23: CUSUMQ der Fressfrequenz der Versuchstiere | 57 |
| Abb. 24: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Fressfrequenz ab 72. Stunde a.p..... | 58 |
| Abb. 25: CUSUMQ der TS-Aufnahme bei Versuchstieren mit Normal- und Schwergewürten..... | 59 |

| | |
|---|----|
| Abb. 26: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur TS-Aufnahme bei Kühen mit Normal- und Schweregeburten ab 72. Stunde a.p..... | 60 |
| Abb. 27: CUSUMQ der Fressdauer bei Versuchstieren mit Normal- und Schweregeburten..... | 62 |
| Abb. 28: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Fressdauer bei Normal- und Schweregeburten-Kühen ab 72. Stunde a.p. | 63 |
| Abb. 29: CUSUMQ der Fressfrequenz bei Versuchstieren mit Normal- und Schweregeburten..... | 64 |
| Abb. 30: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Fressfrequenz bei Normal- und Schweregeburten-Kühen ab 72. Stunde a.p. | 65 |
| Abb. 31: Verlauf der Wasseraufnahme pro Tag bei Färsen und Kühen vom 7. Tag a.p. bis zur Abkalbung | 67 |
| Abb. 32: Wasseraufnahme pro Stunde aller Versuchstiere ab 72. Stunde a.p. | 68 |
| Abb. 33: Verlauf der Trinkdauer pro Tag bei Färsen und Kühen vom 7. Tag a.p. bis zur Abkalbung | 69 |
| Abb. 34: Trinkdauer pro Stunde aller Versuchstiere ab 72. Stunde a.p. | 70 |
| Abb. 35: Verlauf der Trinkfrequenz pro Tag bei Färsen und Kühen vom 7. Tag a.p. bis zur Abkalbung | 71 |
| Abb. 36: Trinkfrequenz pro Stunde aller Versuchstiere ab 72. Stunde a.p. | 72 |
| Abb. 37: CUSUMQ der Wasseraufnahme der Versuchstiere | 73 |
| Abb. 38: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Wasseraufnahme ab 72. Stunde a.p. | 75 |
| Abb. 39: CUSUMQ der Trinkdauer der Versuchstiere..... | 76 |
| Abb. 40: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Trinkdauer ab 72. Stunde a.p. | 77 |
| Abb. 41: CUSUMQ der Trinkfrequenz der Versuchstiere..... | 78 |
| Abb. 42: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Trinkfrequenz ab 72. Stunde a.p. | 79 |
| Abb. 43: CUSUMQ der freien Wasseraufnahme bei Versuchstieren mit Normal- und Schweregeburten..... | 80 |
| Abb. 44: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Wasseraufnahme bei Normal- und Schweregeburten-Kühen ab 72. Stunde a.p. | 81 |
| Abb. 45: CUSUMQ der Trinkdauer bei Versuchstieren mit Normal- und Schweregeburten..... | 83 |
| Abb. 46: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Trinkdauer bei Normal- und Schweregeburten-Kühen ab 72. Stunde a.p. | 84 |
| Abb. 47: CUSUMQ der Trinkfrequenz bei Versuchstieren mit Normal- und Schweregeburten..... | 85 |
| Abb. 48: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Trinkfrequenz bei Normal- und Schweregeburten-Kühen ab 72. Stunde a.p. | 86 |
| Abb. 49: Verlauf der Anzahl der Schritte pro Tag bei Färsen und Kühen vom 7. Tag a.p. bis zur Abkalbung | 88 |
| Abb. 50: Anzahl der Schritte pro Stunde aller Versuchstiere ab 72. Stunde a.p. | 89 |

| | |
|---|-----|
| Abb. 51: Verlauf der Gesamtbewegungsdauer pro Tag bei Färsen und Kühen vom 7. Tag a.p. bis zur Abkalbung | 91 |
| Abb. 52: Gesamtbewegungsdauer pro Stunde aller Versuchstiere ab 72. Stunde a.p..... | 91 |
| Abb. 53: Verlauf der Liegedauer pro Tag bei Färsen und Kühen vom 7. Tag a.p. bis zur Abkalbung | 92 |
| Abb. 54: Liegedauer pro Stunde aller Versuchstiere ab 72. Stunde a.p..... | 93 |
| Abb. 55: Liegedauer und Bewegungsdauer pro Stunde aller Versuchstiere ab 72. Stunde a.p. | 94 |
| Abb. 56: CUSUMQ der Schrittzahl der Versuchstiere | 95 |
| Abb. 57: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Schrittzahl ab 72. Stunde a.p. | 96 |
| Abb. 58: CUSUMQ der Gesamtbewegungsdauer der Versuchstiere | 97 |
| Abb. 59: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Bewegungsdauer ab 72. Stunde a.p..... | 98 |
| Abb. 60: CUSUMQ der Liegedauer der Versuchstiere..... | 99 |
| Abb. 61: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Liegedauer ab 72. Stunde a.p. | 100 |
| Abb. 62: CUSUMQ der Schrittzahl der Versuchstiere mit Normal- und Schwereburten..... | 101 |
| Abb. 63: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Schrittzahl bei Normal- und Schwereburten-Kühen ab 72. Stunde a.p. | 102 |
| Abb. 64: CUSUMQ der Gesamtbewegungsdauer bei Versuchstieren mit Normal- und Schwereburten..... | 103 |
| Abb. 65: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Bewegungsdauer bei Normal- und Schwereburten-Kühen ab 72. Stunde a.p. | 104 |
| Abb. 66: CUSUMQ der Liegedauer bei Versuchstieren mit Normal- und Schwereburten..... | 106 |
| Abb. 67: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Liegedauer bei Normal- und Schwereburten ab 72. Stunde a.p..... | 107 |

Tabellenverzeichnis

| | |
|--|-----|
| Tab. 1: Einflussfaktoren auf die Futteraufnahme der Milchkuh (nach ROSSOW 2003) | 10 |
| Tab. 2: Geburtsverlaufsschlüssel in Deutschland ab 1. Oktober 2005 (RBB 2005)..... | 18 |
| Tab. 3: Verteilung der Versuchskühe auf die Laktation und mittlere Lebendmasse | 32 |
| Tab. 4: Rationszusammensetzung (rechnerische Vorgabe je Tier) in der Vorbereitungsfütterung | 33 |
| Tab. 5: Bewertung des Kalbeverlaufs (im Versuchsbetrieb) | 37 |
| Tab. 6: Zusammenfassung der statistischen Maßnahmen der Parameter..... | 42 |
| Tab. 7: Bewertung des Kalbeverlaufs der Versuchstiere | 43 |
| Tab. 8: Ergebnisse des Chow-Tests zur Entwicklung der TS-Aufnahme..... | 53 |
| Tab. 9: Ergebnisse des Chow-Tests zur Entwicklung der Fressdauer | 56 |
| Tab. 10: Ergebnisse des Chow-Tests zur Entwicklung der Fressfrequenz | 58 |
| Tab. 11: Ergebnisse des Chow Tests zur Entwicklung der TS-Aufnahme | 60 |
| Tab. 12: Ergebnisse des Chow Tests zur Entwicklung der Fressdauer..... | 63 |
| Tab. 13: Ergebnisse des Chow-Tests zur Entwicklung der Fressfrequenz | 65 |
| Tab. 14: Funktionsbeschreibung und Chow-Test der Wasseraufnahme..... | 74 |
| Tab. 15: Funktionsbeschreibung und Chow-Test der Trinkdauer..... | 76 |
| Tab. 16: Funktionsbeschreibung und Chow-Test der Trinkfrequenz | 78 |
| Tab. 17: Funktionsbeschreibung und Chow-Test der freien Wasseraufnahme | 81 |
| Tab. 18: Funktionsbeschreibung und Chow-Test der Trinkdauer..... | 84 |
| Tab. 19: Funktionsbeschreibung und Chow-Test der Trinkfrequenz | 86 |
| Tab. 20: Funktionsbeschreibung und Chow-Test der Schrittzahl | 95 |
| Tab. 21: Funktionsbeschreibung und Chow-Test der Gesamtbewegungsdauer | 97 |
| Tab. 22: Funktionsbeschreibung und Chow-Test der Liegedauer | 99 |
| Tab. 23: Funktionsbeschreibung und Chow-Test der Schrittzahl | 102 |
| Tab. 24: Funktionsbeschreibung und Chow-Test der Gesamtbewegungsdauer | 104 |
| Tab. 25: Funktionsbeschreibung und Chow-Test der Liegedauer | 107 |
| Tab. 26: Zusammenfassung der Aussagefähigkeit der Parameter in Bezug auf Geburtstermin..... | 114 |
| Tab. 27: Zusammenfassung der Aussagefähigkeit der Parameter in Bezug auf Geburtsverlauf..... | 115 |

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|----------------|---|
| Abb. | Abbildung |
| ACTH | Adrenokortikotropes Hormon |
| a.p. | ante partum |
| AR | Auto Regression |
| ATB | Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e.V. |
| BCS | body condition score |
| BL | Brustlage |
| BW | body weight |
| CHSQ | chi squared test |
| CP | Crude protein |
| CUSUMQ | Cumulative Sum of Squares |
| d | Tag |
| d.h. | das heißt |
| DM | dry matter |
| DMI | dry matter intake |
| EE | Ätherextrakt |
| et al. | et alii (und andere) |
| etc. | et cetera |
| F | F-Wert aus F-Verteilung |
| FD | Fressdauer |
| FF | Fressfrequenz |
| FWI | freie Wasseraufnahme |
| g | Gramm |
| GBZ | Gesamtbewegungszeit |
| GLZ | Gesamtliegezeit |
| h | Stunde |
| H ₀ | Null-Hypothese; Hypothese der Gleichheit |

| | |
|----------------|--|
| H ₁ | Alternative Hypothese; Hypothese der Ungleichheit |
| Ig | Immunglobulin |
| l | Liter |
| L.n. | Laktationsnummer |
| Max | Maximum |
| MJ | Mega Joule (= Joule x 10 ⁶) |
| Min | Minimum |
| min | Minute |
| MW | Mittelwert |
| n | Stichprobengröße |
| NDF | neutral detergent fiber |
| NEFA | non-esterified fatty acids (nicht-veresterte Fettsäuren) |
| NFC | non fiber carbohydrate |
| NG | Normalgeburt |
| P | Signifikanzgrad |
| p.p. | post partum |
| r | Korrelationskoeffizient |
| r ² | Quadrat des Korrelationskoeffizienten |
| RUP | rumen undegradable protein |
| RDP | rumen degradable protein |
| SD | Standardabweichung |
| Sec | Sekunde |
| SG | Schwergeburt |
| SL | Seitenlage |
| SZ | Schrittzahl |
| Tab. | Tabelle |
| TD | Trinkdauer |
| TF | Trinkfrequenz |
| TMR | Totale Mischration |

| | |
|-------|--------------------|
| TS | Trockensubstanz |
| TWI | Total Water Intake |
| u. | und |
| WA | Wasseraufnahme |
| z.B. | zum Beispiel |
| z.Zt. | zur Zeit |

1 Problem und Zielstellung

Die Transitperiode ist charakterisiert durch einen intensiven Zuwachs von Fötus und Uterus sowie eine Veränderung des Stoffwechselzustandes von einer anabolen Situation zur katabolen Stoffwechsellaage. Diese Periode bringt für die Kuh eine hohe Belastung mit sich. Steigende Milchleistungen fordern die laktierende Milchkuh zu sehr intensiven Stoffumsätzen im Intermediärstoffwechsel und zu bemerkenswerten Aktivitäten der beteiligten Organsysteme heraus. Diese Stoffwechselsituation wird begleitet von größeren Risiken, an Gesundheits- und Fruchtbarkeitsstörungen zu erkranken. Insbesondere in der Transitperiode sehen sich trächtige Hochleistungskühe mit einer Vielzahl von Schwierigkeiten konfrontiert, die schließlich zu einem deutlichen Ansteigen von Schwer- oder Totgeburten, Depressionen des Immunsystems und Auftreten von Krankheiten (Stoffwechselstörungen, Infektionskrankheiten, Leistungsdepressionen u.a.) führen und die Wirtschaftlichkeit einer Milchkuhhaltung in Frage stellen können. Die Ursachen liegen darin begründet, dass die Umstellung von der Hochträchtigkeit zur Laktation für jede Kuh eine sehr hohe stoffwechselphysiologische Belastung darstellt. Zwei Wochen vor der Abkalbung sinkt die Futteraufnahme und gleichzeitig erhöht sich der Nährstoffbedarf für Euter und Fötus, nicht zu unterschätzen, dass im gleichen Zeitraum hohe Ansprüche insbesondere an die Proteinqualität und die Zufuhr sehr spezifischer Futterbestandteile zu erfüllen sind. Nach dem Kalben steigt die Milchleistung schnell an und damit auch in beträchtlichem Ausmaß der Bedarf an Nährstoffen. Im Vergleich zur Hochträchtigkeit kann sich der täglich abzudeckende Energie- und Nährstoffbedarf auf das Zwei- bis Dreifache erhöhen. Die Futteraufnahme ist in der Trockenstehzeit aber dem relativ niedrigen Anspruch an die Nährstoffversorgung und der Platzkonkurrenz im Bauchraum angeglichen und sinkt zum Abkalbezeitpunkt auf ein Minimum ab. Zu Laktationsbeginn steigt die Trockensubstanzaufnahme im Vergleich zur Milchbildung relativ langsam an. Dies führt zum Auftreten von verschiedenen Krankheiten wie Fruchtbarkeitsstörung, Stoffwechsel- und Klauenerkrankungen sowie Mastitis. In vielen Fällen verlaufen diese Erkrankungen subklinisch, wie z.B. die subklinische Ketose, Azidose oder Gepärparese. Als Arbeitshypothese wird angenommen, dass Zusammenhänge zwischen der ante partalen Futteraufnahme, dem Fress- und Wasseraufnahmeverhalten sowie der Bewegungsaktivität in Hinblick auf den Kalbezeitpunkt sowie auf den Geburtsverlauf existieren. Auf dieser Grundlage lassen sich Vorhersagen zum Zeitpunkt der Geburt und deren Schweregrad treffen.

Das Ziel der durchgeführten Forschungen bestand einerseits in der präzisen Charakterisierung der individuellen Verhaltensmerkmale Fressen, Wasseraufnahme und Bewegungsaktivität von Milchkühen in der Transitperiode sowie andererseits in der mathematisch-statistischen Aufarbeitung der Informationen zur Einschätzung und Wichtung dieser Verhaltensparameter für die Interpretation und Vorhersage der Reaktionen von Kühen.

Dafür wurden folgende Teilziele definiert:

1. Sensor- und rechnerbasierte Erfassung der Parameter Futter- und Wasseraufnahme sowie Aktivitätsverhalten
2. Komplexe Auswertung der erfassten Daten, um frühzeitig und präzise den erwarteten Abkalbetermin sowie den Schweregrad der Geburt des Kalbes voraussagen zu können.
3. Ableitungen für ein Modell zur sensorbasierten Überwachung von Abkalbungen

2 Literaturübersicht

2.1 Stoffwechselsituation der Milchkühe im peripartalen Zeitraum

Die Trockenstehphase der Milchkuh nimmt eine zentrale Stellung im Produktionszyklus der Milchkühe ein und lässt sich in zwei Abschnitte untergliedern, die Frühtrockenphase und die Transitperiode.

Die Transitperiode beschreibt den Zeitraum der letzten drei Wochen vor der Geburt bis drei Wochen nach dem Abkalben und sie gilt als sehr kritische Phase (GRUMMER 1995; DRACKLEY 1999), dargestellt in Abbildung 1.

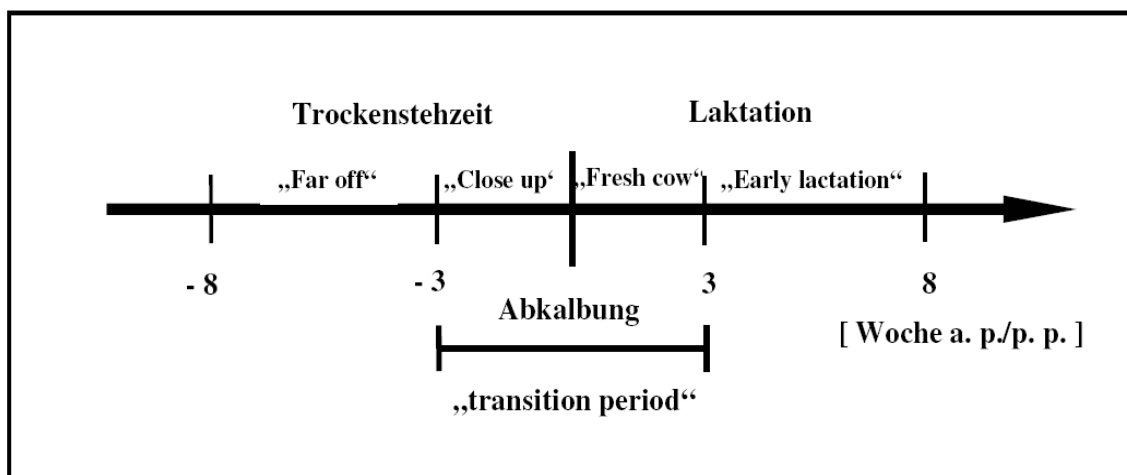


Abb. 1: Definition der „Transition Periode“ (GRUMMER 1995; DRACKLEY 1999)

Der Übergang von der Trockenstehperiode in die nächste Laktation ist extremen Veränderungen des Nährstoffbedarfs und physiologischen Veränderungen im Gewebestoffwechsel unterworfen. Die Veränderungen sind hier größer als in anderen Laktationsabschnitten oder während der Trächtigkeit. In der Transitperiode werden maßgeblich die Weichen für Leistung, Gesundheit und Fruchtbarkeit gestellt (ROSSOW 2002). Hochleistungskühe durch die Transitperiode ohne Probleme oder Störungen zu führen, gilt als Voraussetzung für eine hohe Milchleistung, Gesundheit und Fruchtbarkeit im Laktationsverlauf. Die Zielstellung für diese Zeit formulieren JAMES et al. (2002) wie folgt:

1. Geburt eines lebenden und gesunden Kalbes
2. Gesunde Kuh und Ausbleiben von Erkrankungen während der
3. Transitperiode
4. Hohe Gipfelleistung
5. Kontrollierter Verlust an Körperkondition
6. Hohe Fruchtbarkeit bei erster Zuchtnutzung

Unter dem Begriff Hochleistungskuh versteht man eine Kuh, bei der die Milchleistung über dem durchschnittlichen Leistungsniveau liegt. In Deutschland muss eine Kuh als Hochleistungskuh bezeichnet werden, wenn deren Milchleistung bei 9000-10000 kg anzusiedeln ist (ROSSOW 2002a). Die Transitperiode bezeichnen BLOCK u. SANCHEZ (2000) als einen Wendepunkt im Produktionszyklus der Milchkuh. Am Ende der Trächtigkeit benötigt die tägliche Entwicklung des Fetus 3,44 MJ an Energie, 117 g Protein, 10,3 g Calcium, 5,4 g Phosphor und 0,2 g Magnesium (HOUSE u. BELL 1993, BELL et al. 1995). Der Nährstoffbedarf für die Bildung des Kolostrums überschreitet weit die Nachfrage vom Fötus. Für die Produktion von nur 1 kg Kolostrum benötigt die Kuh 11 Mcal Energie, 140 g Protein, 23 g Calcium, 9 g Phosphor und 1 g Magnesium (GOFF und HORST 1997). Die Nährstoffe müssen entweder über das Futter aufgenommen oder durch die Mobilisation von Körperreserven (Energie aus Fett- und Muskelgewebe, Protein aus Muskelgewebe, Calcium und Phosphor aus dem Skelett) bereitgestellt werden (GOFF und HORST 1997). Es ist bekannt, dass kurze Zeit vor der Abkalbung die Futteraufnahme deutlich absinkt, wobei die Kuh in eine katabole Stoffwechsellage gerät, die mit einer negativen Energie- und Proteinbilanz verbunden ist (ROSSOW, 2002). Nach der Abkalbung sind die Hochleistungskühe nicht in der Lage, der sich rasch von Tag zu Tag erhöhenden Milchleistung und dem steigenden Energie- und Nährstoffbedarf mit einer adäquat steigenden Futteraufnahme zu begegnen, denn die Futteraufnahme steigt nur vergleichsweise langsam. Die hochleistenden Milchkühe befinden sich infolgedessen mehrere Wochen in einer negativen Energiebilanz (GOFF u. HORST 1997). Das Maximum an Trockensubstanzaufnahme wird in der Regel erst zwischen der 10. und 14. Laktationswoche erreicht (AZIZI et al. 2007 sowie SPIEKERS u. POTTHAST, 2004) oder zwischen Woche 8 und Woche 22 p.p. (INGVARTSEN u. ANDERSEN 2000). Dieses Missverhältnis zwischen Milchleistung und Futteraufnahme erfordert zwingend eine Mobilisierung von Körperreserven (BERTICS et al. 1992). Die Mobilisation von Fettgewebe in

der peripartalen Phase ist verbunden mit einem Anstieg der Freien Fettsäuren (NEFA) im Plasma, einer erhöhten hepatischen Fettsäureaufnahme und teilweise massiver Akkumulation von Triglyceriden in der Leber (GRUMMER 1992). Die NEFA-Plasma-Konzentration erhöht sich ab ca. 7. Tag vor der Abkalbung und erreicht ihren Gipfel 3 bis 4 Tage p.p. (Rossow 2002), woraus eine erhöhte Fettsäure-Aufnahme durch die Leber, Fettsäure-Veresterung und Triglycerid-Einlagerung resultiert. Die Leber-Triglycerid-Konzentration erhöht sich ca. vier- bis fünffach zwischen dem 17. Tag a.p. und einem Tag p.p. (GRUMMER 1992).

Die Konzentration der NEFA im Blut kann somit unter Berücksichtigung weiterer Parameter als Indikator für das Ausmaß der Fettmobilisation herangezogen werden.

Mit zunehmendem Grad der Leberverfettung erhöht sich das Risiko des Auftretens von Fruchtbarkeitsproblemen und Gesundheitsstörungen sowie geringer Milchleistung in der Früh lactation (GEELLEN und WENSING, 2006).

Im Ergebnis des Übergangs vom Partus zur Laktation kommt die Hochleistungskuh in eine Stoffwechselsituation, die einen hohen Bedarf an Glucose entwickelt. Die Glukoseversorgung ist bei der Milchkuh ein äußerst wichtiger Faktor zur Realisierung hoher Milchleistungen (BLUM, 2004).

In der Transitperiode finden verschiedene hormonelle Umstellungen statt (BELL, 1995). Sie sind von zentraler Bedeutung für die Regulation der Milchdrüsen und des Gesamtstoffwechsels. Vor der Abkalbung sinkt der Progesteron- und Insulinspiegel im Blut, während die Östrogen-, Wachstumshormon- und Prolaktinkonzentration zunehmen (BELL, 1995). Der Progesterongehalt im Plasma erreicht seinen Spitzenwert ab 230.-240. Trächtigkeitstag und hält diesen Wert bis zum 250. Trächtigkeitstag, um danach bis zur Abkalbung wieder abzufallen. Am 230.-250. Trächtigkeitstag liegen die Progesteronwerte im Plasma bei 7-8 ng/ml und kurze Zeit vor der Abkalbung sinken die Werte auf 3-4 ng/ml. Am Tag der Abkalbung und einen Tag davor liegt die Progesteronkonzentration am niedrigsten bei ca. 0,5 ng/ml (GOFF u. HORST 1997).

Die Östrogenkonzentrationen im Blut trächtiger Kühe bleiben stabil bis zum 240. Tag der Trächtigkeit, danach steigen sie langsam an (hauptsächlich Östron) und erreichen sieben Tage vor der Abkalbung 2000 pg/ml. Vor allem die Östrogenkonzentration erhöht sich schnell kurz vor der Abkalbung und erreicht Höchstwerte zwischen 4000 und 6000 pg/ml (GOFF u. HORST 1997). Die Veränderung in den relativen Konzentrationen von Progesteron und Östrogen beginnt rund 30 Tage vor der Geburt (GOFF u. HORST 1997). Am Anfang der Trächtigkeit

sind die endogenen Opioid-Peptide bei den Kühen nur sehr gering konzentriert, aber in den letzten Monaten a.p. steigt der β -Endorphin-Gehalt im Blut bis zur 48. Stunde p.p. an (DOBRINSKI et al. 1991). Es wird angenommen, dass der Anstieg der Opioid-Peptide während der Abkalbephase die Wahrnehmung von Schmerzen reduziert. Bei durchfallerkranken Tieren führt die Behandlung mit Endorphin und Enkephalin zur Abnahme der Motilität des Magen-Darm-Traktes, sodass die Annahme besteht, dass der Anstieg der Opioid-Peptide im geburtsnahen Zeitraum infolge der Verlangsamung der Magen-Darm-Motilität zu einer Depression in der Futteraufnahme beiträgt oder Entwicklungen in Richtung von Labmagenverlagerungen begünstigt (GOFF u. HORST 1997).

Der Übergang von der Trächtigkeit zur Laktation wird von einer Abnahme der Tätigkeit des Immunsystems begleitet (MEHRZAD et al 2002, GOFF 1999, GOFF u. HORST 1997), da rund um die Parturition die Lymphozyten eine beschränkte mitogene Reaktion besitzen, die Produktion von Antikörpern vermindert ist (ISHIKAWA 1987, KASHIWAZAKI et al. 1985) und die Fähigkeit der neutrophilen Granulozyten, Bakterien zu töten und zu verdauen, einer starken Reduzierung unterliegt (GOFF u. HORST 1997). Die Serumkonzentrationen von anderen Komponenten des Immunsystems wie Ig und Conglutinen sind ebenfalls während der Abkalbephase deutlich rückläufig (STABEL et al 1991, KEHRLI et al 1990). Die nächste Abbildung zeigt die Stoffwechselregulation in der Früh-laktation bei Milchkühen.

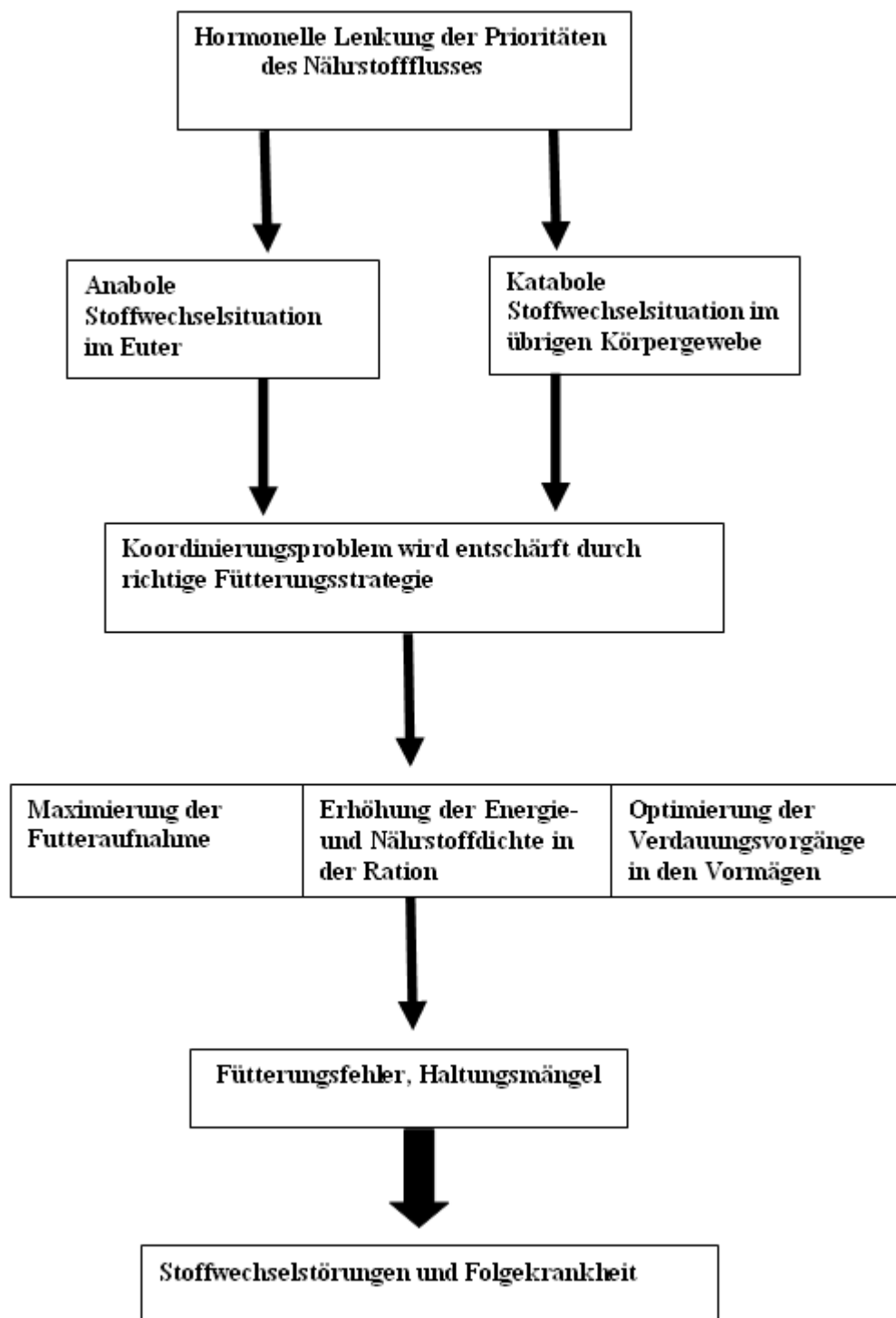


Abb. 2: Schematische Darstellung der Stoffwechselregulation vor allem in der Frühlaktation (BUSCH et al 2003)

2.2 Futteraufnahme und Fressverhalten

Die Nährstoffaufnahme resultiert aus der Kombination von Nährstoffkonzentration (je kg Futter-Trockensubstanz) mit der Höhe der Futteraufnahme (Futter-Trockensubstanz-Aufnahme). Da aus verdauungs- und stoffwechselphysiologischen Gründen die Nährstoff-, insbesondere die Energiekonzentration in der Ration nicht über physiologisch bekannte Grenzen hinaus erhöht werden kann, stellt sich eine ausreichend hohe Futteraufnahme als wesentliche Voraussetzung für die Abdeckung des Nährstoffbedarfs und zur Vermeidung von Ernährungsschäden dar. Der unzureichende Verzehr an Trockensubstanz aus der vorgelegten Ration gilt als eine Hauptursache für Ernährungsschäden und Stoffwechselstörungen sowie als wesentlicher Faktor für Leistungsminderungen bei Hochleistungskühen. Die meisten Erkrankungen hochleistender Milchkühe treten in der Früh-laktation auf, sie stehen in Verbindung mit der relativ geringen Futteraufnahme im Zeitraum vor und nach der Kalbung (ZAMET et al. 1979). Unter geburtsnahe-m Zeitraum versteht man das Intervall zwischen Trockenstellen und Gipfelleistung. In diesen 100 Tagen (30 Tage vor und 70 Tage nach der Geburt) werden die Grundlagen für Leistung, Gesundheit und Fruchtbarkeit gelegt (VANSAUN 1991; SÜDEKUM 2003). Als kritischste Phase für die Kuh gilt die Transitphase, ab 3. Woche a.p. bis zur Kalbung (SÜDEKUM 2003). Hier kommt es zu einer Reduktion der Futteraufnahme (20 bis 30 %) bei gleichzeitig erhöhtem Nährstoffbedarf für Frucht - in der Trockenstehphase nimmt der Fötus mehr als 65% seiner Endmasse zu - und Euter (VANSAUN 1991). Die Kuh kommt in eine katabole Stoffwechsella-gge, die zu einer negativen Energie-, Protein- und Kalziumbilanz führt (SÜDEKUM 2003). Dieser Situation muss mit einer erhöhten Bereitstellung von energie- und stoffwechselaktivem Kalzium entgegengewirkt werden. Ist dies nicht der Fall, so entsteht eine überstürzt ablaufende Mobilisation von Körperfett, die bis zur 8. Laktationswoche andauern kann (ROSSOW 2002). In den letzten drei Wochen vor der Abkalbung geht die TS-Aufnahme zurück, ein dramatischer Rückgang tritt in der letzten Woche vor der Geburt ein (GRUMMER 1995). Das Ausmaß des Rückgangs der TS-Aufnahme variiert in verschiedenen Studien. GRUMMER (1995) und SANDRA (1999) ermittelten einen Rückgang der TS-Aufnahme um 30 bis 35 % zwischen der dritten Woche vor der Abkalbung bis zum Zeitpunkt der Abkalbung. BERTRICS et al. (1992) beschrieben einen Rückgang der TS-Aufnahme ab 21 Tage a.p., wobei besonders in der letzten Woche vor der Abkalbung die Trockensubstanzaufnahme deutlich zurückging. Insgesamt bezifferten sie den Rückgang auf 30 % zwischen dem Mittel der TS-Aufnahme des 21.-17. Tages a.p. und der TS-Aufnahme

zum Zeitpunkt des Abkalbetages. In einem Versuch von VAQUEZ et al. (1994) mit neun trächtigen Kühen wurde ein Rückgang der TS-Aufnahme erst ab zwei Tage vor der Abkalbung um ca. 40 % registriert. Bei gleicher Rationszusammensetzung und gleichen Haltungsbedingungen nahmen Tiere am Tag vor dem Abkalben 2,2 bis 11,1 kg TS auf. Während die TS-Aufnahme in den letzten 21 Tagen a.p. bei einer Kuh von 11,8 auf 10,9 kg zurückging, verlief bei einem anderen Versuchstier der Rückgang sehr dramatisch von 13,1 auf 2,2 kg (GRUMMER 1996 und SÜDEKUM 2001). Gemäß den Studien von INGVARTSEN et al. (1992) sowie INGVARTSEN u. ANDERSEN (2000) geht die Trockensubstanzaufnahme nicht erst, wie häufig angenommen (National Research Council, 1988), in den letzten Wochen der Trächtigkeit zurück. INGVARTSEN (1992) ermittelte einen linearen Rückgang der Futteraufnahme von wöchentlich 1,5 % (etwa 0,17 kg) zwischen der 26. und der 3. Woche a.p.. Vergleichbare Werte ermittelte er für die letzten 100 Tage der Trächtigkeit in einer Versuchstiergruppe, die ab dem 168. Tag der Trächtigkeit mit einer energiereichen Ration (TMR; 11,6 MJ umsetzbare Energie/kg TS) ad libitum gefüttert worden war. In den letzten drei Wochen der Trächtigkeit sank die Futteraufnahme bei dieser Gruppe dann von etwa 13 auf etwa 9 kg Trockensubstanz pro Tag. Dagegen nahm die Futteraufnahme einer zweiten Gruppe, die mit einer deutlich energieärmeren Ration (TMR; 8,3 MJ umsetzbare Energie/kg TS) gefüttert wurde, nicht signifikant ab (INGVARTSEN et al. 1992). Der Rückgang der Futteraufnahme nahe dem Geburtszeitpunkt wird HAYIRLI et al. (2002) zufolge von der Zusammensetzung der Ration und von Tiermerkmalen (Alter, BCS) beeinflusst. Während zwischen Trockenmasseaufnahme und den Rationsparametern für den Proteingehalt (CP, RUP, RDP) keine Signifikanz festzustellen war, bestand eine signifikant positive Beziehung zum Gehalt an NFC ($r=0,14$, $P<0,0001$) und eine negative Beziehung zum NDF ($r=-0,12$, $P<0,0001$) sowie zum Rohfettgehalt der Ration ($r=-0,05$, $P<0,0001$).

Somit beeinflussen nach HAYIRLI et al. (2002) folgende Faktoren die Futteraufnahme im geburtsnahen Zeitraum: Tag 56,1%, NDF 15,3%, EE 6,4%, RUP 1,3%, RDP 1,2%, BCS 9,7% und Gleichheit 10%.

Das bedeutet, dass der Lebenstag den größten Einfluß auf die Veränderung der Futteraufnahme ausübt, gefolgt vom Gehalt der Ration an neutral detergenten Faser (NDF). Der Einfluss der anderen Rationsparameter ist deutlich geringer ausgeprägt.

Ebenso hat die NEFA-Konzentration eine Auswirkung auf die Futteraufnahme (GRUMMER 1995). 10 Tage vor der Abkalbung stieg die NEFA-Konzentration bis zur Abkalbung an und

sank rasch nach der Abkalbung. Eine hohe Korrelation ($r = -0,44$; $P < 0,0001$) zwischen der TS-Aufnahme und der NEFA-Konzentration war am Tag vor der Abkalbung festzustellen.

Eine besondere Rolle in der Steuerung der Futteraufnahme im antepartalen und peripartalen Zeitraum scheint das Verhältnis von Progesteron und Östrogen zu spielen (GOFF und HORST 1997; BREMMER et al. 1999, NRC, 2001). Die Leber transformiert die Östrogen-induzierten biochemischen Signale in nervale Signale, die an den Hypothalamus geleitet werden und eine negative Rückkopplung auf die Futteraufnahme vermitteln. Wenn die Progesteronsekretion einsetzt, wird die Östrogensekretion zurückgedrängt und der Futterverzehr steigt wieder an (ROSSOW, 2002).

Beeinflusst wird die Höhe der Trockenmasseaufnahme durch das Tier, das Futter und die Fütterung (GRUBER et al. 2001; MERTENS 1987), nach STAUFENBIEL (2004) durch die Ration, den Gesundheitszustand der Kuh und den Kuhkomfort. ROSSOW (2003) weist den Faktoren einen unterschiedlichen Anteil an der Regulation der Futteraufnahme zu wogegen CONRAD et al. (1964) schreiben, dass die Bedeutung der einzelnen Einflüsse sich je nach Verdaulichkeit der Ration verändert.

Tab. 1: Einflussfaktoren auf die Futteraufnahme der Milchkuh (nach ROSSOW 2003)

| Futteraufnahme abhängig: | |
|---------------------------------|--|
| zu 40-60% | vom Tier (Ernährungszustand, Leistung, Gesundheit, genetische Veranlagung) |
| zu 20-30% | vom Futter (Art, Qualität, Schmackhaftigkeit, Struktur u.a.) |
| zu 10-15% | von Haltungsbedingungen und Umgebungstemperatur |
| zu 10-15% | vom Management |

Eine möglichst genaue Abschätzung der Futteraufnahme ist Voraussetzung für bedarfsdeckende und realitätsnahe Rationsberechnungen und Futtervorlagemengen. Eine Methode für die Vorhersage der Futteraufnahme besteht in der Ableitung von Regressionsgleichungen über geeignete statistische Modelle (GRUBER et al. 2004). NRC-Angaben (2001) zufolge lässt sich die Trockenmasseaufnahme für die letzten 21 Tage der Trächtigkeit nach folgenden Formeln berechnen:

Färsen: $\text{DMI (\% of BW)} = 1,71 - 0,69e^{0,35t}$

Kühe: $\text{DMI (\% of BW)} = 1,97 - 0,75e^{0,16t}$

t: Tage in der Trächtigkeit-280

„Das Verhaltensrepertoire des Rindes ist als komplex und variierend zu umschreiben. Es werden 44 Verhaltensweisen bei Rindern unterschieden, die nach Funktionskreisen (Nahrungserwerb, Fortpflanzung, Komfortverhalten etc.) gegliedert werden können. Die Sicherstellung der Körperfunktion umfasst folgende Verhaltenskriterien.

Hauptkriterien:

- Nahrungsaufnahme (z.B. Grasen, Trinken, Nahrungsergänzung)
- Ruhen (z.B. Liegen, Stehen)
- Ausscheiden (z.B. Defäkation, Harnabsonderung)
- Lokomotion (z.B. Gehen, Rennen, Strecken etc.)
- Körperpflege (z.B. Sich-Selbst-Lecken, soziales Lecken, Scheuern an Objekten, Kratzen etc.)

Mögliche Verhaltensänderungen sind sowohl vom Alter als auch von der physischen Entwicklung einschließlich physiologischer Veränderungen und der Erfahrung (kognitive Prozesse) der Tiere abhängig.“ (BRADE 2001).

Das natürliche Fressverhalten der Kuh ist nach SAMBRAUS (1991) durch einen relativ regelmäßigen Tagesablauf geprägt. Gleichzeitig zeigt es eine starke Abhängigkeit von äußeren Einflüssen. In der Natur oder bei extensiver Weidehaltung fressen Rinder stets in der Morgen- und in der Abenddämmerung. Die übrigen Fresszeiten verteilen sich je nach Tageslänge. In den Monaten Mai bis Juli liegen zwischen der Morgen- und Abendfressphase zwei weitere Graseperioden. Die Nachtruhe wird in dieser Zeit nicht zum Grasen unterbrochen. Im August, bei abnehmender Tageslänge, fressen die Tiere zwischen den Morgen- und Abendstunden allmählich nur noch einmal, dafür entwickelt sich ca. um Mitternacht eine weitere Fressperiode. Die Morgen- und Abendfressperioden sind gekennzeichnet durch eine starke Abhängigkeit vom Sonnenauf- bzw. -untergang. Ursache

für ein bi- oder mehrphasiges Fressverhalten bei Stallhaltung könnte nach den Ausführungen von SAMBRAUS (1971) und PORZIG (1987) der starke Einfluss äußerer „Zeitgeber“ auf das Herdenverhalten sein. Danach reagieren Rinder beispielsweise auf den Zeitpunkt des Sonnenauf- bzw. -untergangs, die Futtervorlage im Stall, Temperaturschwankungen, aber auch auf eine erhöhte Aktivität im Stall, sei sie durch den Menschen oder durch einzelne Tiere der Herde hervorgerufen. PIRKELMANN (1992) konstatiert, dass das Fressverhalten stark von der Frequenz der Futtervorlage beeinflusst wird. Regelmäßiges Füttern mehrmals am Tag führte zu einem ausgeprägten Tagesrhythmus und einer Synchronisation der Futteraufnahme zu den Fütterungszeiten. Wurde das Futter hingegen nur einmal täglich vorgelegt, so wurde der Fressbereich gleichmäßiger besucht. Es war allerdings auch dann noch ein Tagesrhythmus mit Spitzen am frühen Vormittag, zwischen 17:00 und 20:00 Uhr sowie um Mitternacht erkennbar (Abbildung 3).

| Nr | Uhrzeit | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----|---------|----|----|---|---|-----|-----|-----|---|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 13 | | | II | | | | | II | | II | | I | II | | | | II | II | I | | | | III | |
| 17 | | I | I | | | | | I | | II | III | I | | | | | III | II | | | I | II | II | |
| 18 | | | | | | I | II | III | | II | II | | | | | I | III | II | III | II | | II | II | II |
| 19 | | | | | | I | II | | | II | | I | | | | | II | II | III | | | | II | |
| 20 | II | | | | | I | II | I | | III | II | | III | II | I | | III | III | II | II | II | | II | II |
| 22 | III | II | | | | III | I | | | II | II | II | III | | | II | III | II | II | | | | | II |
| 39 | | | I | | I | III | II | III | | II | | | | III | I | I | III | II | II | I | | III | | |
| 44 | | I | I | | | | | I | | I | I | | | I | | | | II | II | II | II | I | | |
| 45 | | | | | | I | | I | | II | I | | | II | II | | II | II | | I | I | II | | |
| 48 | I | | | | | | II | | | II | | | | | | I | II | II | II | | II | | | II |
| 49 | | | | | I | | | I | | II | II | | | II | II | II | III | II | | | | III | | |
| 60 | III | | | | | | III | II | | III | II | | | I | III | | II | III | II | | | | | II |
| 62 | I | II | | | | | III | I | | | | | II | | | | I | III | I | | III | I | | |
| 63 | | | | | | | | | | II | II | | | | | I | III | III | II | | | III | III | |
| 67 | | | I | | | | II | | | II | I | | II | I | | II | | II | II | | | III | III | |
| 75 | | | | | | | I | I | | I | I | | | | | | II | II | III | | | I | III | II |

Dauer einer Fressperiode: I = bis 10 min, II = 10-20 min, III = über 30 min

Abb. 3: Fressverhalten von Kühen (Mischration einmal täglich vorgelegt) nach HARMS 2004

Die Herde zeigte weiterhin eine gewisse Synchronisation, das Fressverhalten einzelner Tiere kann aber stark von dem der Herde abweichen. Die soziale Rangordnung innerhalb der Herde spielt dabei offensichtlich eine große Rolle. Die Autoren berichten übereinstimmend, dass insbesondere schwächere Tiere häufig von ihrem Fressplatz verdrängt werden bzw. den Fressbereich gar nicht aufsuchen, wenn dort bereits zu viele Tiere fressen. Diese Tiere versuchen dann zum Futter zu kommen, wenn die Mehrzahl der Herde ruht. Bis zu einem Tier-Fressplatz-Verhältnis von 4:1 ergeben sich keine Veränderungen in der

Grundfutteraufnahme und bis zu einem Tier-Fressplatz-Verhältnis von 2:1 nur geringe Veränderungen in der Fresszeit (SCHÖN (1969), GERSTLAUER (1979), KONGGAARD (1983), HARB et al. (1985), IPEMA et al. (1988), OLOFSSON (1994), OLOFSSON (1999)). Bei der Bestimmung der Anzahl erforderlicher Fressplätze ist allerdings zu beachten, dass je nach vorgelegtem Futtermittel unterschiedlich hohe Verzehrszeiten pro Tier angesetzt werden müssen. So benötigt eine Kuh bei Grünfütterung ca. 8 h pro Tag, um die notwendige Futtermenge aufzunehmen, bei Silage und Heu reichen ihr hingegen ca. 5 h (SCHÖN, 1969). In Untersuchungen von STAMER et al. (2000) verbrachten die Kühe ca. 4 h im Fressgitter, 1 h in der Kraftfutterstation und 2,5 h mit Warten und Wechseln vor bzw. zwischen diesen Bereichen. Dabei wurde eine Grundfutteraufnahme von 11,1 kg TM festgestellt, aufgeteilt auf 9 Mahlzeiten. Die Kraftfutteraufnahme lag bei 7,3 kg TM. Die Anzahl der Mahlzeiten wurde wie das übrige Fressverhalten von der Laktationsnummer, dem Laktationsabschnitt und dem Gewicht der Tiere beeinflusst. Nach den Aussagen weiterer Autoren verbringen Kühe im Allgemeinen 3-7 h fressend und 10-14 h ruhend. Die Dauer der Futteraufnahme ist dabei abhängig vom Futter, von der Milchleistung, vom Laktationsstand, vom Tiergewicht und von den Bedingungen im Stall (FRIEND et al. (1977), KONGGAARD (1983), RIST (1969), WIERENGA et al. (1985), WIERENGA & HOPSTER (1990), WINTER et al. (1992)).

2.3 Wasseraufnahme und Trinkverhalten

Wasser ist nicht nur das z.Z. preiswerteste Futtermittel, sondern es ist auch das wichtigste. Für alle Lebensprozesse (Transport, Verdauung und Stoffwechsel von Nährstoffen, Beseitigung von Abbauprodukten, Zell- und Gewebeaufbau, Temperaturregulation usw.) erweist sich Wasser als unverzichtbar.

Die Milchkühe verbrauchen jeden Tag große Mengen an Wasser, dieses erhalten sie aus drei Quellen:

- Aufnahme von Trinkwasser (FWI: Free Water Intake).
- Einnahme des Wassers durch Futter = $TWI - FWI$ (TWI: Total Water Intake = Wassergehalt des Futters und Trinkwassers)
- Wasser aus Stoffwechselabläufen der Nährstoffe

Das Wasser verlässt den Körper einer Kuh durch Milch, Harn, Kot, Speichel, Atmung und Schweiß. Eine Kuh, die 33 kg Milch pro Tag produziert, verliert durch Milch 34 % (HOLTER and URBAN, 1992), 29 % (DADO and ALLEN, 1994) oder 26 % (DAHLBORN et al., 1998) der totalen Wasseraufnahme (TWI). Durch Kot verliert die Kuh 30-35 % des Wassers und durch Harn 15-21 % (HOLTER and URBAN, 1992; DAHLBORN et al., 1998). Der Wassergehalt des Körpers der Milchkühe bewegt sich zwischen 56 % für trockenstehende Tiere und 81 % des Körpergewichts (MURPHY 1992) für laktierende Kühe mit hoher Milchleistung und intensiver Depotmobilisierung. Kühe in der Frühphase der Laktation haben einen höheren Wassergehalt im Körper (69 %) als Kühe am Ende der Laktation (62,4 %) und 64,7 % bei den Kühen, die am Ende der Trächtigkeit stehen (ANDREW et al. 1995). Milch besteht zu ca. 87 % aus Wasser, deshalb haben die laktierenden Milchkühe einen deutlich höheren Bedarf an Wasser im Verhältnis zu ihrem Gewicht als die anderen Nutztiere. Der Wasserbedarf einer Milchkuh ist abhängig von verschiedenen Faktoren, aber wesentlich von:

- der Milchleistung
- dem Laktationsstadium
- der Trockensubstanz der Futtermittel
- dem Alter
- dem Gesundheitszustand
- der Umgebungstemperatur

Für die Ermittlung der täglichen Trinkwasseraufnahme wird Bezug genommen zur täglichen Trockenmasseaufnahme oder Milchleistung. Diesbezüglich wird in Ansatz gebracht, dass Milchkühe eine durchschnittliche Wasserbedarfsmenge von 3,5 bis 4,0 l (NERGE 2004) bzw. 4,0-6,0 l (NEUMANN 2004) pro kg Trockenmasse aufnehmen oder 4,0-4,5 l pro Liter Milchleistung. Ältere Literaturangaben verweisen dabei auf durchschnittlich 50 - 60 Liter Tränkwasserbedarf je Kuh und Tag und neuere Angaben veranschlagen im Mittel mehr als 80 Liter. HOLTER und URBAN (1992) zufolge nehmen Kühe, die sich in der Trockenstehperiode befinden, ca. 36,3 l/d als FWI und 47,1 l/d als TWI auf, während laktierende Kühe einen Bedarf von ca. 70,3 l/d als FWI und 90,2 l/d als TWI aufweisen. Aus Untersuchungen an Holsteinkühen wurde veröffentlicht, dass die Wasseraufnahme in den letzten zwei Wochen vor der Abkalbung im Durchschnitt Werte von 41,0 l/d TWI, davon 36,2 l/d FWI erreichte,

vom Tag der Abkalbung bis zwei Woche p.p. ergaben sich 108,7 l/d TWI, davon 87,3 l/d FWI, und in der 7. Woche p.p. betrug die Wasseraufnahme 135,0 l/d TWI, davon 106,6 l/d FWI (SILANIKOVE et. al. 1997).

Hinsichtlich der Veränderungen im Laufe der Transitperiode berichteten OSBORN et al. (2002) von einer Wasseraufnahme in Höhe von 57 l/d in der letzten Woche vor der Abkalbung, die sich bis auf 75 l/d in der ersten Woche nach der Geburt erhöhte. MALTZ et al. (1994) hatten gemessen, dass die Wasseraufnahme in den letzten zwei Wochen a.p. 50 l/d ($P < 0,05$) betrug und sich auf 104 l/d in der 2. Wochen p.p. bis hin auf 109 l/d in der 7. Woche p.p. steigerte. Unzureichende Trinkwasseraufnahme führt zu Beeinträchtigungen der Gesundheit, zur Reduzierung der Futteraufnahme und Verminderung der Milchleistung. Friesien-Kühe, die 72 Stunden ohne Wasser gelassen worden waren, hatten 10 % weniger Futter gefressen als deren Stallgefährdinnen, die Wasser aufnehmen durften und sie verminderten ihre Leistung um bis zu 28 % im Vergleich zur normal gehaltenen Gruppe (LITTLE et al. 1984). Fehlende Wasserversorgung von 50 % ließen die Trockenmasseaufnahme um ca. 20 % und die Milchleistung um etwa 27 % zurückgehen (MARTINE et al. 2001). Obgleich auf die Wichtigkeit der Wasseraufnahme für Gesundheit und Milchleistung in der Literatur vielfach hingewiesen wurde, existieren kaum Forschungen über das Trinkverhalten der Milchkühe (HUZZEY et. al 2005), insbesondere bezogen auf die bedeutsame Phase der Transitperiode. Die Wasseraufnahme geschieht mehrere Mal pro Tag und das Trinkverhalten ist im Allgemeinen mit der Fütterung und dem Melken assoziiert. Untersuchungen von HUZZEY et. al. (2005) zufolge hatten Holstein-Kühe in den letzten zehn Tagen vor der Abkalbung im Durchschnitt 6,6mal/d die Tränke besucht und sie waren durchschnittlich 5,5 min/d an der Tränke verblieben. (Abbildung 4).

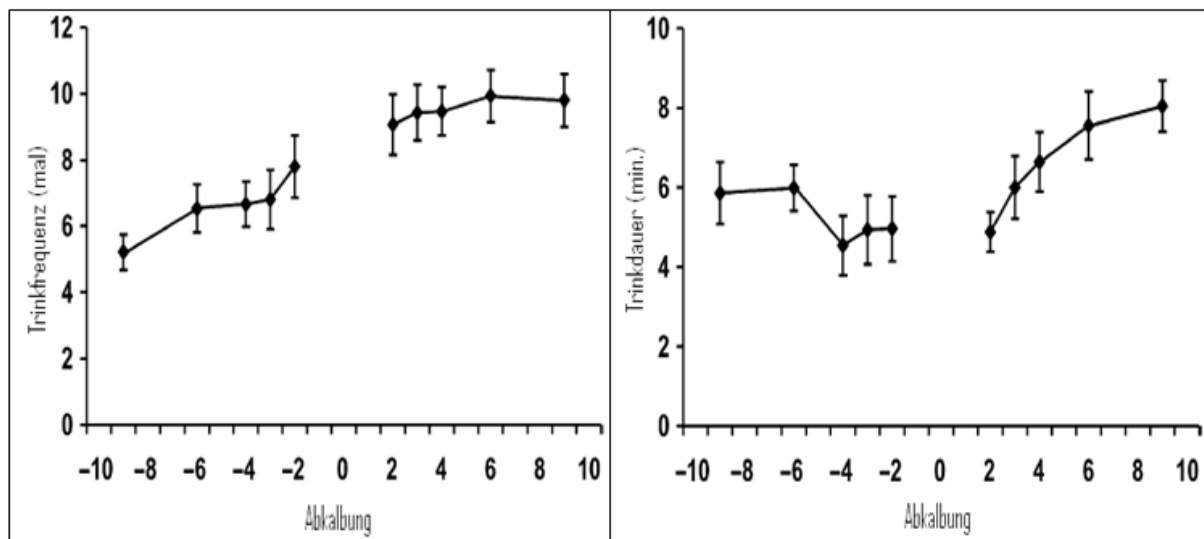


Abb. 4: Trinkfrequenz (links) und Trinkdauer (rechts) bei Holstein-Kühen a.p und p.p. Huzzey et. al. (2005)

Zur Kalkulation der Wasseraufnahme der Milchkuh existieren verschiedene Schätzgleichungen, wobei die diversen Einflussfaktoren unterschiedlich einbezogen und gewichtet werden.

Da für trockenstehende Kühe eine Bezugnahme auf die Milchleistung entfällt, stehen andere Hauptfaktoren, die die Trinkwasseraufnahme trockenstehender Milchkühe beeinflussen, im Vordergrund: die Trockenmasseaufnahme, der prozentuale Trockenmasseanteil in der Ration, der prozentuale Eiweißgehalt in der Ration. Daraus resultiert folgende Berechnungsmöglichkeit zur Schätzung der Trinkwasseraufnahme in der Trockenstehperiode:

$$\begin{aligned}
 \text{Wasseraufnahme, kg/d} &= -10,34 \\
 &+ 0,2296 \times \text{DM\% in der Ration} \\
 &+ 2,212 \times \text{DMI kg/d} \\
 &+ 0,03944 \times \text{CP\% in der Ration} \\
 &(\text{HOLTER und URBAN; 1992})
 \end{aligned}$$

Zunehmende Trockenmassegehalte der Rationen von 30 bis auf 60 Prozent führten zu einer Erhöhung der FWI, aber steigende Trockenmassegehaltswerte über 60 Prozent hatten nur noch einen sehr geringen Effekt auf FWI oder TWI. Neben der Ermittlung des Tränkwasserbedarfs bzw. Schätzung der Wasseraufnahme (FWI und TWI) ist auch die

Qualität des Tränkwassers als Einflussfaktor auf Leistungsfähigkeit und Gesundheit der Milchkühe sowie auf die Höhe der freiwilligen Tränkwasseraufnahme einzuordnen.

In der Europäischen Union gibt es keine spezifischen Normangaben für das Tränkwasser landwirtschaftlicher Nutztiere. Diesbezüglich gelten also grundsätzlich die Normen für das menschliche Trinkwasser, da die deutsche Trinkwasserverordnung die Umsetzung der EU-Trinkwasserrichtlinie in nationales Recht darstellt, werden in den beiden Texten die gleichen Parameter gehandhabt.

2.4 Geburtsverlauf

Jede Abkalbung ist ein Risikofaktor für die Gesundheit und Leistungsfähigkeit des Muttertiers. Normaler Geburtsverlauf bedeutet, dass ein vitales Kalb geboren wird ohne Hilfe, das Muttertier gesund ist und nur ein geringer negativer Einfluss auf die Laktation gegeben ist. Als Schweregeburt wird eine Geburt bezeichnet, die zu einer verminderten Vitalität des Kalbes und/oder Verletzungen des Muttertieres führt bzw. in deren Ablauf helfend eingegriffen werden muss. (RICE, 1994). "Schweregeburten stellen eine große wirtschaftliche Belastung dar. Durch Schweregeburten kommt es zur Beeinträchtigung der Kuh mit negativen Auswirkungen auf die Milchleistung und die Fruchtbarkeit und möglicherweise zu einer schlechteren Entwicklung. Tierarztkosten schlagen ebenfalls negativ zu Buche. Leichte Geburten mit fruchtbaren, leistungsbereiten Kühen und gesunden Kälbern sind daher für jeden Betrieb von großer wirtschaftlicher Bedeutung" (LFL, 2003). Aus diesen Gründen fand der Kalbeverlauf Eingang in die Zuchtwertschätzung. Der Kalbeverlauf bzw. die Leichtkalbigkeit wird in verschiedene Stufen in Abhängigkeit von der notwendigen Geburtshilfe eingeteilt. PHILIPSSON et al. 1979 empfehlen eine Einteilung der Geburtshilfe in fünf Klassen: 1. keine Person; 2. eine Person ohne mechanischen Geburtshelfer; 3. mehr als eine Person ohne mechanischen Geburtshelfer/ eine Person mit mechanischem Geburtshelfer; 4. Kaiserschnitt und 5. Fetotomie. MEYER et al. (2000) unterteilte nur drei Kategorien: 1. keine Geburtshilfe; 2. geringgradige Geburtsschwierigkeiten und 3. Geburt mit Geburtshilfe.

Die NAAB (National Association of Animal Breeders) in den USA hat den Verlauf der Geburt in fünf Noten untergliedert: 1 = kein Problem, 2 = leichte Hilfe, 3 = benötigte Hilfe, 4 = erhebliche Kraft erforderlich, und 5 = extreme Schwierigkeiten. (BERGER, 1994). Von den Gremien der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Rinderzüchter (ADR) sowie der

Rassedachverbände Deutscher Holstein Verband (DHV), Arbeitsgemeinschaft Süddeutscher Rinderzucht- und Besamungsorganisationen (ASR) und Bundesverband Deutscher Fleischrinderzüchter und -halter (BDF) wurde ein neuer Geburtsverlaufsschlüssel erarbeitet (siehe Tabelle 2). Ziel war es, für den Meldenden eine vereinfachte und eindeutige Aussage über den Verlauf einer Kalbung zu ermöglichen. So wurden z.B. in dem neuen Schlüssel die Meldung „ohne Hilfe oder ein Helfer“ klar getrennt.

Tab. 2: Geburtsverlaufsschlüssel in Deutschland ab 1. Oktober 2005 (RBB 2005)

| Klasse | Bewertung | Interpretation |
|--------|--------------|--|
| 0 | keine Angabe | nicht beobachtet bzw. keine Angabe verfügbar |
| 1 | leicht | ohne Hilfe oder Hilfe nicht nötig, Nachtabkalbung |
| 2 | mittel | ein Helfer oder leichter Einsatz mechanischer Zughilfe |
| 3 | schwer | mehrere Helfer, mechanische Zughilfe und/oder Tierarzt |
| 4 | Operation | Kaiserschnitt, Fetotomie |

Schweregeburten (Dystokien) sind komplexe Phänomene, deren Auslöser sich in endogen-genetische, in exogen-umweltbedingte, in mütterliche und väterliche Komponenten sowie in solche gliedern lassen, die von der Frucht ausgehen. Zudem bestehen Interaktionen zwischen den Einzelkomponenten und zu weiteren systematischen Faktoren (Alter, Geburtszahl, usw.) Dies bedingt, dass Erblichkeitsgrade (Heritabilität, h^2) formulierbar sind, die man für das Merkmal „Dystokie-Disposition“ schätzt. Der Heritabilitätschätzwert für Dystocia lag bei Deutschen Schwarzbunten Kühen bei 0,04 und bei Holstein Friesian Kühen zwischen 0,02 und 0,15. Die Heritabilität war bei Färsen regelmäßig höher ausgefallen als bei Kühen (nach WEGNER, 1993).

Die Analyse unter schwarzbunten Populationen in Österreich wies für 1996 einen Anteil an Leichtgeburten von 63,7 %, Normalgeburten von 34,2 % und Schweregeburten von 2 % aus (AUMANN et al, 1996). In Auswertung von 2191 Abkalbungen (NIX et al., 1998) bei Kühen zwischen 1981-1993 wurde der Geburtsverlauf untersucht und es wurde gefunden, dass 94 %

der Geburten ohne Hilfe und nur 6 % mit Hilfe abliefen. Die Schweregeburten verteilten sich wie folgt: 28,1 % leichte Geburtshilfe, 69,3 % erforderliche Hilfe und 2,6 % erforderlicher Kaiserschnitt. Von 4528 abkalbenden Kühen in der Versuchsstation an der Iowa State University zwischen den Jahren 1986 und 1999 benötigten 1073 Kühe (23,7 %) Hilfe bei der Geburt, davon entfallen 15,6 % auf Färsen und 8,1 % auf mehrkalbende Kühe (JOHANSON und BERGER, 2003). Die Häufigkeit des Auftretens der Schweregeburten lag bei Färsen um ca. 28 % und bei Kühen um ca. 12 %. Dabei war den Färsen die höchste Inzidenz an extremen Schwierigkeiten in einer Höhe von 2,32 % zuzuordnen (DEMATAWEWA und BERGER, 1997). In einer Untersuchung an Milchkühen in den USA lag die Schweregeburtenrate bei Färsen auf einem Niveau von 19 % und bei Kühen von 6 % (MEYER et al. 2001). Es ist festzustellen, dass mit höherer Laktationszahl die Häufigkeit von Schweregeburten abnimmt und die Unterschiede zwischen der zweiten Laktation und den folgenden Laktationen geringer werden (MARTINEZ et al., 1983a).

BENDIXEN et al. (1986) untersuchten die Häufigkeit von geleisteten Geburtshilfen in Schweden und stellten fest, dass Erstkalbinnen ein höheres Risiko für Geburtsprobleme als pluripare Kühe trugen. Diese Feststellung machten auch FAYE et al. (1986). Nach GRÖHN et al. (1990) erhöhte sich das Risiko für Schweregeburten ab der 2. Kalbung mit steigender Laktationsnummer.

Die Ursachen für Schweregeburten sind vielfältig. Als Hauptgründe von Schweregeburten bei Färsen sind FPD (Feto-pelvic Disproportion), Lage-, Stellungs- oder Haltungsanomalien des Kalbes und die unvollständige Weitung von Vulva und Zervix (MEIJERING, 1984; MEE, 2004) hervorzuheben. Bei Kühen sind die wichtigen Schweregeburtursachen anders zu beschreiben: Lage-, Stellungs- oder Haltungsanomalie des Kalbes kommen vor den feto-pelvinen Missverhältnissen, den Zwillingsgeburten, der Wehenschwäche, der Torsio uteri und der unvollständigen Weitung von Vulva und Zervix (MEIJERING, 1984; MEE, 2004). MEIJERING (1984) stellte als wichtigsten Faktor für Schweregeburten die FPD heraus, wobei als zwei wichtige Ursachen der FPD das Geburtsgewicht des Kalbes und die mütterliche Beckengröße benannt wurden. Diese zwei Faktoren umfassen bis zu 50 % bzw. 5-10 % der phänotypischen Varianz der Schweregeburten. Nach BAIER und SCHÄTZ (1984) bestehen die hauptsächlichen Ursachen für Schweregeburten in den Disproportionen zwischen Muttertier und Kalb (25 bis 40 % der Schweregeburten). Bei Färsen spielt das Missverhältnis von Fetusquerschnitt zum Beckendurchmesser der Mutter die wichtigste ursächliche Rolle für Schweregeburten (MEE 2004 und PHILIPSSON et al. 1979). Der geschätzte Anteil variierte bei Färsen zwischen 73,4-

86,3 % und bei Kühen zwischen 21,2-36,7 % (MEIJERING 1984). ''Bei Färsen tritt vor allem eine juvenil bedingte Enge des knöchernen Beckens auf. Wenn das Gewicht des Kalbes nicht höher im Verhältnis zum Geburtsgewicht anderer Feten der Rasse liegt, aber der Beckendurchmesser der Mutter abnorm klein ist, spricht man von einer relativ zu großen Frucht. Als absolut zu große Frucht gilt, wenn das Geburtsgewicht des Kalbes über dem physiologischen Geburtsgewicht der Rasse liegt. Für die Rasse Schwarzbunt ist ein Fetus mit über 50 kg eine "absolut zu große Frucht'' (MARIE, 2006). Die Korrelationskoeffizienten zwischen Geburtsgewicht und Schweregeburt lagen bei Angus Kühen zwischen 0,36 und 0,54 und bei Hereford zwischen 0,44 und 0,48 (RICE und WILTBANK, 1970; BREDAHL, 1970).

Die Fütterung der Kuh während der Trächtigkeit kann mit dem Auftreten von Schweregeburten verbunden sein (BERGER et al., 1992). Viele Untersuchungen zeigen, dass die Fütterung der Milchkühe in der Trockenphase, besonders in der Transitperiode, einen Einfluss auf die Gesundheit, Leistung und Fruchtbarkeit hat. Eine übermäßige Versorgung mit Energie ist ein häufiger Fehler am Ende der Laktation sowie während der Transitperiode und führt zu einer überproportionalen Verfettung der Kuh und erhöhtem Schweregeburtenrisiko. Eine höhere Körperkonditionszahl bei Holstein-Frisian-Färsen erweist sich als bedeutender Risikofaktor für das Auftreten von Schweregeburten (HOFMANN et al., 1996).

Nach MEE (2008) ist kaltes Wetter (-5, -10 °C) im letzten Monat der Trächtigkeit verbunden mit einer erhöhten TS-Aufnahme, erhöhten Schilddrüsenhormon-Konzentrationen, erhöhtem Blutfluss und Nährstoffeinlagerung in die Gebärmutter. Es verlängert sich die Gestation, die Plasma-Östradiol-Konzentration reduziert sich. Dies führt zu erhöhten Geburtsgewichten mit der Folge von Schweregeburten. In den Sommermonaten sinkt das Geburtsgewicht der Kälber (FITCH et al., 1924; MCCLANDLISH 1922) und damit auch das Auftreten von Schwer- und Totgeburten (CROSS u. SOEDE, 1988; JAHNKE, 2002; MCDERMOTT et al., 1992; SIEBER et al. 1989; SPEICHER u. HEPP, 1973). Dieses Phänomen hängt hauptsächlich mit den warmen Außentemperaturen zusammen (COLLIER et al., 1982). Untersuchungen in nordamerikanischen Rinderherden haben dies bestätigt (HUGHTON u. CORAH, 1989). Das Geburtsgewicht der Kälber der gleichen Rinderrasse ist in Florida leichter als das Geburtsgewicht von Kälbern, die im kühleren Michigan geboren wurden. Es erscheint möglich, dass die Hormonumstellung im geburtsnahen Zeitraum eine Ursache für das Auftreten von Schweregeburten sein kann. O'BRIEN and STOTT (1977) beobachteten in ihrem Versuch an 12 Holstein-Frisian-Färsen

zwischen dem 22. und 15. Tag vor der Abkalbung eine höhere Plasmakonzentration von Progesteron bei schwer gebärenden Färsen im Vergleich mit normal gebärenden Färsen ($P < 0,01$). Ab 15. Tag a.p. bis zur Abkalbung waren keine Unterschiede zwischen beiden Gruppen festzustellen. Ab 20 Tage vor der Abkalbung bis zur Abkalbung stieg die Östradiol-17 β -Konzentration und zwischen dem 20. und 10. Tag a.p. hatten die normal gebärenden Färsen zwei bis vier mal höhere Östradiol-17 β -Konzentrationen im Serum als schwer gebärende Färsen. Der Unterschied zwischen beiden Gruppen erwies sich als hoch signifikant ($P < 0,01$). Andererseits zeigte die Östron-Konzentration nur geringe oder keine Unterschiede zwischen beiden Gruppen im gleichen Zeitraum. Vom sechsten Tag a.p. bis zum ersten Tag a.p. stieg die Prolaktin-Konzentration bei normal gebärenden Kühe an, zu schwer gebärenden Kühen konnte allerdings keine Signifikanz nachgewiesen werden ($P > 0,10$). Jedoch war die Plasma-Prolaktin-Konzentration ca. 12 Stunden a.p. bei solchen Tieren reduziert ($P < 0,10$), denen eine Schweregeburt bevor stand. Stress sollte mehr mit schwierigen Geburten in Verbindung stehen als mit Normalgeburten, auch so kann es möglich sein, dass der Anstieg der Plasma-Prolaktin-Werte im prepartalen Zeitraum Beschwerden verursachen könnte (ERB et al., 1981). Der Abfall der Progesteron-Konzentration in der letzten Woche vor der Abkalbung ist physiologisch bedingt, allerdings zeigte sich bei Schweregeburten in dieser Periode eine deutlich erhöhte Progesteron-Konzentration (ERB et al., 1981), insbesondere am Tag vor der Abkalbung ($P < 0,05$), ca. 12 Stunden a.p. ($P < 0,10$), zum Zeitpunkt der Geburt ($P < 0,01$) sowie zwei Tage nach der Abkalbung ($P < 0,05$). Die Unterschiede in den Konzentrationen der Hormone und Veränderungen im hormonellen Status im geburtsnahen Zeitraum zwischen den schwer und normal gebärenden Tieren deuten darauf hin, dass die zeitliche Sequenz für hormonelle Veränderungen bei Dystokie-Tieren im prepartalen Zeitraum sehr spät in Erscheinung tritt und nur wenig deutlich ausgeprägt ist, wodurch schwer gebärende Tiere offensichtlich unzureichend auf die Geburtsabläufe vorbereitet sind. Als Folgen von Schweregeburten können an den Tieren nachgewiesen werden: Zerreißen im vaginalen und/oder im zervikalen Bereich, Uterusrupturen, Scheiden- und Uterusvorfälle, Blutungen, Lähmungen, Rehe, Schock, Septikämie, Nachgeburtsverhaltung, Peritonitis, Mastitis, Atemwegserkrankungen, Erkrankungen des Verdauungstraktes und Abmagerung (HELMBOLD, 2005 nach SLOSS, 1974). Als häufigste Folgen von Schweregeburten gab SLOSS (1974) Lähmungen (9,1 %), Nachgeburtsverhaltung (4,9 %), Septikämie (2,7 %) und Verletzungen von Scheide und Cervix (2,2 %) an.

Schweregeburten sind in Verbindung zu bringen mit Beeinträchtigungen der Fruchtbarkeitsparameter (Rastzeit und Güstzeit), Reduzierung der Milchleistung in den ersten 30 Tagen und Erhöhung des Auftretens von Milchfieber und Labmagenverlagerungen (THOMPSON et al., 1983). Zwischen normal gebärenden Kühen und Tieren mit extrem schwierigen Geburten bestanden signifikante Unterschiede ($p < 0,01$) zwischen Milchleistung, Fettgehalt, Eiweißgehalt, Güstzeit in Höhe von 703,6 kg, 24,1 kg, 20,8 kg bzw. 33 Tagen (DEMATAWEWA und BERGER 1997). Der Unterschied zwischen normal gebärenden Färsen und extrem schwer gebärenden Färsen lag bei 465 kg Milch (305 Tage) und 20,7 kg Milchfett, bei Kühen in der zweiten Laktation 576 kg Milch und 20,9 kg Milchfett und bei Kühen ≥ 3 . Laktation bei 725 kg Milch und 25 kg Milchfett (DJEMALI et al., 1987).

In den Untersuchungen von PROUDFOOT et al. (2009) an 22 Holsteinkühen, von denen 11 Kühe Geburtsprobleme aufwiesen und 11 Kühe einen problemlosen Abkalbeverlauf hatten, wurde gefunden, dass schwer gebärende Kühe während der letzten 48 Stunden vor der Geburt nur noch $14,3 \pm 1,0$ kg fraßen. Das waren 1,9 kg weniger als bei Kühen mit problemlosen Kalbungen ($16,2 \pm 1,0$ kg). Einen Tag vor dem Kalben sank die Futteraufnahme weiter auf $8,3 \pm 0,7$ kg bei schwer gebärenden Kühen und $10,9 \pm 0,7$ kg bei normal kalbenden Tieren. Auch die Wasseraufnahme unterschied sich erheblich. So tranken Kühe mit normalem Abkalbeverlauf einen Tag vor der Abkalbung $36,2 \pm 4,4$ l und Kühe mit Schweregeburten nur $22,4 \pm 4,4$ l. Nach der Abkalbung ändert sich dieses Bild. Kühe, die eine schwere Geburt hatten, nahmen innerhalb von 24 Stunden nach dem Kalben $56,9 \pm 3,1$ l Wasser auf und normal abgekalbte Kühe tranken in dieser Zeit nur $48,7 \pm 3,1$ l. Wasser. Auch im Verhalten zeigten sich Unterschiede zwischen normal und schwer gebärenden Kühen. Tiere mit bevorstehenden Schweregeburten waren bereits einen Tag vor dem Kalben deutlich unruhiger. Sie wechselten im Schnitt $10,9 \pm 0,7$ mal zwischen Liegen und Stehen. Bei Tieren mit normalen Kalbungen wurden nur durchschnittlich $8,3 \pm 0,7$ Wechsel am Tag registriert. In den letzten 24 Stunden vor der Abkalbung lag die durchschnittliche Fressdauer bei schwer gebärenden Kühen um 34 Minuten niedriger als bei normal abkalbenden Kühen (106 ± 11 bzw. 140 ± 11 min / d). Die Trinkzeit betreffend konnten zwischen normal und schwer kalbenden Kühen im gesamten Versuchszeitraum keinerlei Unterschiede gefunden werden (PROUDFOOT et al., 2009).

2.5 Ruhe- und Bewegungsverhalten

Der Funktionskreis „Ruheverhalten“ kann nach SCHLICHTING und SMIDT (1987) als haltungsrelevanter Indikator herangezogen werden. Die Funktionskreise werden unterteilt in Ruhe-, Lokomotions-, Sexual- und Komfortverhalten sowie stoffwechselbedingtes Verhalten und stehen alle mehr oder weniger in Interaktion mit dem Funktionskreis Sozialverhalten. Als Oberbegriff für alle Zustände der Inaktivität wird die Bezeichnung Ruhe gewählt (GRÜTZNER, 1993). Dazu zählen das Liegen, Stehen und Wiederkäuen (GRAUVOGL, 1997). Das Liegeverhalten zählt demnach zum Funktionskreis Ruheverhalten. Die Tiere können im Liegen mehrere Formen des inaktiven Verhaltens zeigen, wie z.B. Dösen, Schlafen oder Wiederkäuen. Das Ruheverhalten stellt einen zentralen Faktor für die Regeneration und somit auch für Wohlbefinden und Gesunderhaltung der Tiere dar. Rinder ruhen gewöhnlich im Liegen, wobei die meiste Zeit mit Dösen verbracht wird (SAMBRAUS, 1971). Im Liegen wird wenig Energie durch Bewegung verbraucht und die Rinder können sich ungestört ihren Verdauungsaktivitäten hingeben (GRÜTZNER, 1993). Das Liegeverhalten nimmt innerhalb des Zeitbudgets von Milchkühen einen hohen Stellenwert ein (WIERENGA u. HOPSTER, 1990). Dem eigentlichen Liegen geht die olfaktorische Kontrolle des Liegeplatzes voraus. Das Ablegen erfolgt in einer typischen Bewegungsabfolge: die Kuh versammelt ihre Füße unter dem Rumpf und beugt die Vorderbeine, um sich dann auf den Karpalgelenken niederzulassen. Dann wird das Hinterbein der Liegeseite hinter den Vorderfuß der Gegenseite gestellt, beide Hinterbeine werden gleichzeitig gebeugt, und das Tier lässt sich auf die Oberschenkel fallen. Bei Kühen sind theoretisch 26 Liegeposition möglich, von denen 20 bei ungestört liegenden Kühen auch beobachten werden können. Dazu gehören Vorderbeinstreckungen, Hinterbeinstreckungen und die gestreckte Seitenlage, bei der alle vier Gliedmaßen senkrecht vom Körper weggestreckt sind. Dabei ist zwischen kurzen und langen sowie breiten und schmalen Liegeformen zu unterscheiden (RICHTER, 2006; HÖRNING, 2003). Das Tier nimmt die physiologische „Brust-Seitenlage“ ein, wenn sich die Vorderbeine unter dem Brustkorb befinden, während die Hinterbeine nach einer Seite hin vom Körper weg zeigen. Das Rind liegt mehr auf einer Bauchseite (Abb. 5). Dadurch ist das Euter wenig belastet. Der Kopf wird meist aufrecht getragen. Die Streckung einer oder beider Vorderbeine ist möglich (SAMBRAUS, 1971; KROHN u. MUNKSGAARD, 1993). Dabei wird keine Körperseite besonders bevorzugt (SAMBRAUS 1971).

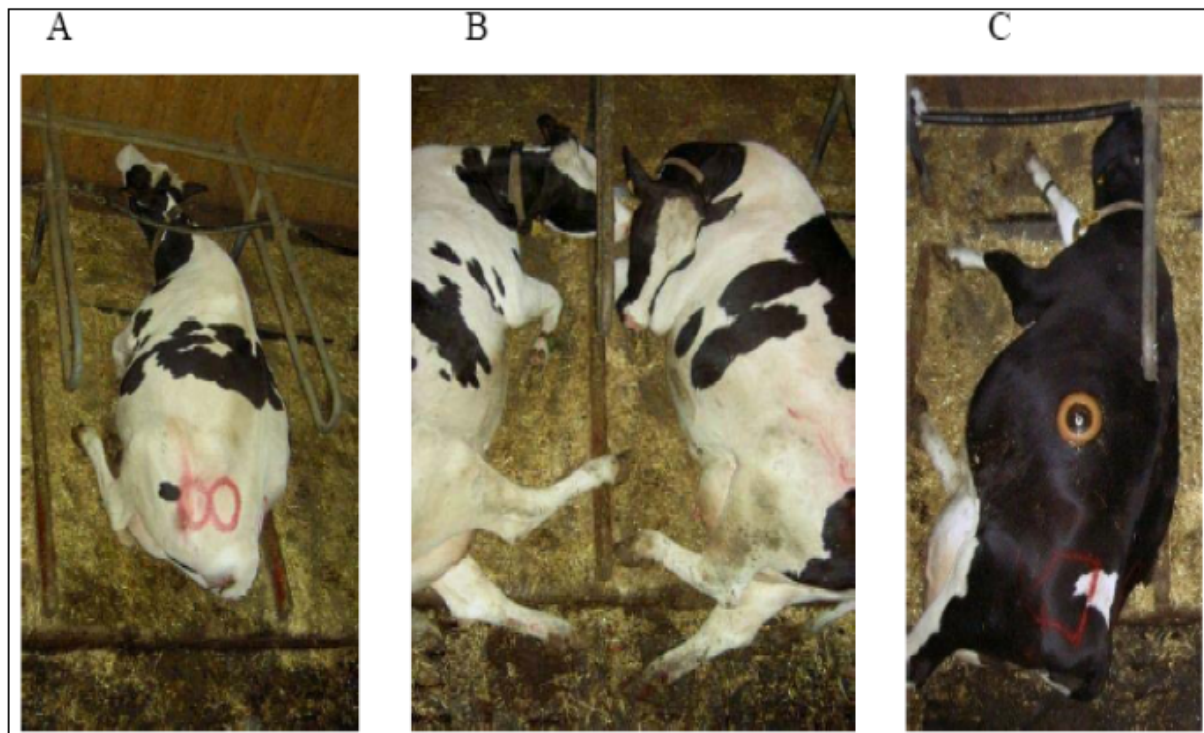


Abb. 5: Verschiedene Liegepositionen von Kühen. A Grundlage, B Halbseitenlage, C Seitenlage (KATZ, 2006)

Die Angaben in der Literatur über die durchschnittliche tägliche Liegedauer von Milchkühen variiert zwischen 6 und 13 Stunden. Das Ruheverhalten wird durch Rasse, Alter, Gewicht, Geschlecht, die Aufstallung, Leistung und nicht zuletzt durch Umweltfaktoren wie Klima usw. beeinflusst (REITER et. al., 2007). Die Liegedauer ist abhängig von der Liegefläche und von etwaiger sozialer Interaktion. Auf unbequem harten Liegeflächen ist die Gesamtliegedauer während eines Tages kürzer, die Dauer einer einzelnen Liegeperiode im Durchschnitt jedoch länger als auf weichen Liegeflächen. In einer Studie von WECHSLER et al. (2000) wurden Liegedauern von durchschnittlich 11,6 h in Liegeboxen mit Strohunterlage und 10,8 bis 11,4 h in Boxen mit verschiedenen Typen von Komfortmatratzen ermittelt. BUCHWALDER et al. (2000) gaben eine durchschnittliche Liegedauer von 10 h auf harten Gummimatten an. Untersuchungen über das Liegeverhalten in der Transitperiode sind sehr selten (HUZZEY et al., 2005).

ZEEB (1986) beschreibt die Bewegung eines Tieres als Instrument, um eigene Bedürfnisse zu erfüllen und Schaden vorzubeugen. Als Faktoren, die auf das Fortbewegungsgeschehen einer Kuh Einfluss haben, nennt er:

1. Individuelle Struktur (Genetik)
2. Klimafaktoren (Tag- /Nachtrhythmus, Klima)
3. Futterangebot (Qualität, Quantität, Zusammensetzung, Struktur, Fütterungszeiten)
4. Herdenzusammenstellung (Herdengröße, Raum/Tier, Geschlechteranteil, Alterszusammensetzung, soziale Integration)
5. Räumliche Struktur der Haltungsumgebung (m^2/Tier , Futterplätze/Tier, Liegeboxen/Tier)

Die durchschnittliche Aufteilung der gesamten täglichen Aktivität eines Rindes zeigt die folgende Abbildung.

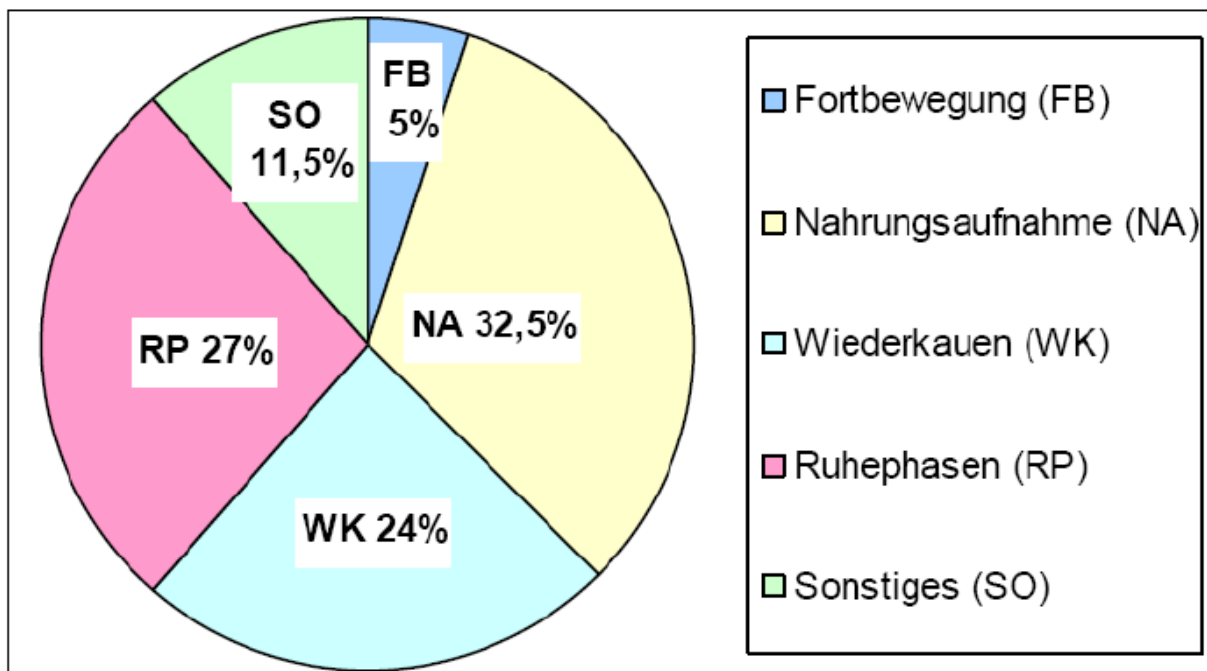


Abb. 6: Durchschnittliche tägliche Aktivitätsverteilung einer Kuh in Prozent, modifiziert nach ZEEB (1986)

In einer Studie von BÄHR (2006), die an Mutterkühen zwischen dem 5. Tag a.p. bis zum 3. Tag p.p. durchgeführt wurde, ließ sich aus den Messergebnissen ableiten, dass bis zum 2. Tag a.p. bezüglich der Schrittzahl kaum Veränderungen auftraten. Der Mittelwert lag zwischen 10.721 und 11.201 Schritten. Am Tag vor der Abkalbung stieg die Schrittzahl deutlich auf 13.473 an. Am Abkalbungstag selbst erhöht sich die Schrittzahl noch einmal auf 14.191. Nach der Abkalbung sank die Schrittzahl und erreicht am 3. Tag p.p. 10.717 Schritte. In der Zeit vom 5. Tag a.p. bis zum 3. Tag p.p. betrug die Gesamtliegedauer zwischen 583-630

Minuten täglich. Die durchschnittlichen Werte der Herde befanden sich 5 Tage a.p. bis 2 Tage a.p. zwischen 589,9 - 604,3 Minuten, was 9,8-10,1 Stunden entspricht. Am Tag vor der Abkalbung sank die Liegedauer und am Abkalbetag fiel sie weiter auf 548,3 Minuten, das entspricht 9,1 Stunden/Tag.

2.6 Einsatz elektronischer Datenerfassungsgeräte bei Milchkühen

Bei ethologischen Untersuchungen wird meist mit visuellen Methoden wie Direktbeobachtung oder Videoaufzeichnungen gearbeitet (REITER et al., 2007). Diese Formen der Verhaltensuntersuchungen sind sehr zeitaufwendig, vor allem wenn eine kontinuierliche Erfassung angestrebt wird (BUCHENAUER, 1981). Bei direkten Beobachtungen sowie Videodokumentation über 24 Stunden durch unterschiedliche Personen besteht die Problematik darin, die zu beobachtenden Kriterien unmissverständlich festzulegen.

Das Ziel des Einsatzes elektronischer Messgeräte besteht darin, zeitnah und differenziert Informationen über die Herde und ihre Einzeltiere erfassen zu können. Diese Informationen helfen dem Milchviehhalter, die Produktionsqualität zu erhöhen und die Produktionskosten zu senken. Die elektronischen Hilfsmittel gelangen in verschiedenen Bereichen der Tierüberwachung zum Einsatz, z.B. Gesundheit, Reproduktion, Milchleistung, Fütterung usw. (Abb. 7).

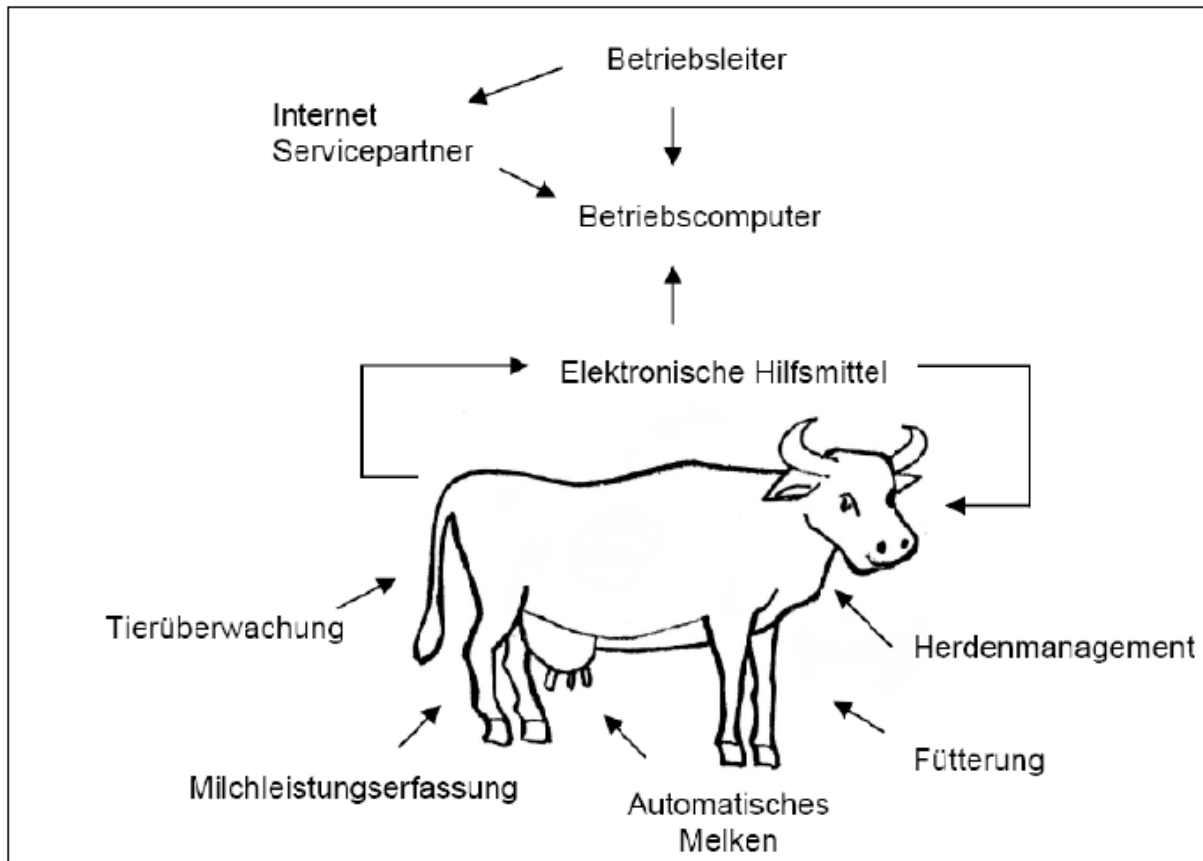


Abb. 7: Einsatzbereiche der Prozesssteuerung in der Rinderhaltung (ANNE, 2005 nach WENDL, 1998)

Für die Tierüberwachung unterscheidet man Sensoren zur Erfassung der Futteraufnahme und des Fressverhaltens, Sensoren zur Leistungserfassung und Sensoren zur Überwachung von Gesundheit und Reproduktion, wie z.B. wichtiger Mobilitätskennzahlen wie Schrittzahl, Bewegungsdauer und Liegeverhalten. Weiterhin können Sensoren die Körpertemperatur oder die Gewichtsentwicklung erfassen. Diese Informationen dienen der Früherkennung von Erkrankungen und der Brunst. Der Einsatz der automatisierten Tierbeobachtung unterstützt sämtliche Arbeitsabläufe in der Milchviehhaltung und ermöglicht eine tierindividuelle Betreuung ohne zusätzlichen Arbeitsaufwand. Ein wesentlicher Nutzen liegt in der hohen Trefferquote beim „Erkennen“ brünstiger Tiere, ohne dass der Betriebsleiter oder der Herdenmanager Zeit für die Brunstkontrolle aufwenden muss. Die Kombination der Parameter Aktivität, Milchmenge und Leitwert erlaubt eine Aussage darüber, ob eine Kuh rindert. Anhand der Verlaufskurven im Herdenmanagementsystem wird das Brunstgeschehen in der Herde am PC sichtbar. Bei brünstigen Tieren zeigt sich eine erhöhte Aktivität bei gleichzeitig sinkender Tagesmilchmenge und leicht erhöhtem Leitwert. Praktiker, die schon mit der automatisierten Tierbeobachtung arbeiten, berichten von einer erheblichen Zeitersparnis. Die visuelle Kontrolle der Kühe kann auf ein Minimum reduziert und

gleichzeitig mit anderen Tätigkeiten erledigt werden. Zudem zeigen die Erfahrungen aus Praxisbetrieben, dass sich durch die sehr präzise Erfassung der tierindividuellen Aktivität die Brunsterkennungsrate ohne zusätzlichen Aufwand für die Tierbeobachtung verbessert. Gleichzeitig lassen sich die gewünschte Zwischenkalbezeit und der Trächtigkeitsstatus der Kühe bestimmen. Die entwickelten biotechnischen Maßnahmen zur Brunsterkennung sind technische Hilfsmittel, die nur als Entscheidungshilfen dienen können. Sie sollen nicht die genaue und regelmäßige Brunstkontrolle durch den Tierbesitzer ersetzen und müssen folgende Kriterien erfüllen (SENGER, 1994; NEBEL et al., 2000):

- Überwachung rund um die Uhr
- automatische und sichere Identifizierung brünstiger Tiere
- minimaler Arbeitsaufwand für den Tierhalter
- hohe Genauigkeit bei der Erkennung von typischen Veränderungen, die mit dem Zeitpunkt der Ovulation zusammenhängen
- Bestimmung von mindestens zwei verschiedenen Parametern

Aus den Aktivitätsmessungen wird ein Vitalitätsprofil der einzelnen Kühe erstellt. Dieses liefert auch wertvolle Hinweise auf Störungen des Wohlbefindens der Tiere. Probleme äußern sich frühzeitig in einer verminderten Aktivität oder in einem rhythmischen Auf- und Abschwelen der Aktivitätskurve über mehrere Tage. So können beispielsweise Klauenerkrankungen frühzeitig erkannt werden, da die durchschnittliche Bewegungsaktivität nachlässt. Die Kombination aus Aktivitätsmessung und Erfassung der Milchmenge sowie des Leitwertes bietet darüber hinaus weitere Möglichkeiten zum frühzeitigen Erkennen von Gesundheitsstörungen. Die Elektronik und somit sensorgestützte Tierdatenmess- und Identifikationssysteme haben die Aufgabe, den Landwirt bei seinen Überwachungsaufgaben in den Bereichen der Futteraufnahme, der Tierleistung und des Tierverhalten zu unterstützen. Zusätzlich wird erwartet, dass sie bei Entscheidungen zur Tiergesundheit und zum Stand des Reproduktionszyklus wichtige Hilfe leisten. Heute bekannte Systeme zur sensorbasierten Datenerfassung von Verhaltensparametern sind Pedometer, Rescounter, Actiwatch, Heat Watch, Ethosys, Vienna, APEC, Bewater Cotag Granta Compact und GPS (BAHR, 2006).

Die Höhe der Bewegungsaktivität ist ein Spiegelbild physiologischer Zustände im Innern der Tiere und der äußeren Reize, die von Seiten der Stallumwelt auf die Tiere einwirken. Eine zentrale Rolle für das Monitoring auf Einzeltierebene spielt daher die automatisierte Erfassung der Bewegungsaktivität mit Hilfe von Aktivitätssensoren. Aus der Messung der tierspezifischen Höhe und Variation der Bewegungsaktivität können Anhaltspunkte für Lahmheiten, Verdauungs- und Stoffwechselstörungen, Brunst oder eine bevorstehende Abkalbung gewonnen werden. Besonders intensiv wurde der Zusammenhang zwischen der Steigerung der Bewegungsaktivität und der Brunst untersucht, um unter Zuhilfenahme von Aktivitätssensoren die Brunsterkennung zu automatisieren und zu verbessern. Zu diesem Zweck werden Messsysteme, wie Halsband (Respektoren) und Fusseschriltzähler (Pedometer) eingesetzt (WOLF und WANGLER, 2000). Pedometer werden am Fesselbein befestigt und registrieren die Aktivität der Tiere als elektrische Impulse. Aktivitätsveränderungen werden von Sensoren, welche am Bein befestigt werden, exakter registriert, als von solchen, die am Hals befestigt sind, den sogenannten Rescountern. Das liegt daran, dass die Bewegung des Beines klar als eine zielgerichtete, motorische Bewegung des Tieres definiert ist, während am Hals eine viel größere Bandbreite von Aktivitäten aufgezeichnet wird, wie etwa Schütteln des Kopfes (BREHME et al., 2003a). Die kontinuierliche Tierdatenmessung relevanter tierphysiologischer Parameter und ihre Bereitstellung für den Tierhalter wird zukünftig ein unverzichtbares Mittel sein, sichere und schnelle Produktionsentscheidungen zu fällen. Mit modernen Sensoren und zunehmend nicht-invasiven Mess- und Transfermethoden haben sich die Möglichkeiten der Tierdatenmessung entscheidend verbessert.

Eine Möglichkeit der kontinuierlichen Erfassung ohne visuelle Beobachtung stellt der Einsatz von ALT-Pedometern dar. Korrekt angebracht und regelmäßig kontrolliert erweisen sie sich als eine objektive Methode, Aktivitäts- und vor allem Liegeverhalten zu dokumentieren. Das gemeinsam vom ATB in Bornim mit zwei Brandenburger Ingenieurbüros entwickelte Tierdatenmesssystem mit ALT-Pedometer kann dabei eine wirksame Hilfe sein. Die Aktivität wird mit einem analogen Piezosensor erfasst, die Liegedauer mit digitalen Lagesensoren; ein Thermosensor erfasst die Umgebungstemperatur am Fesselbein des Tieres (BREHME et al., 2006). Diese Pedometer werden z.Zt. nur zu Forschungszwecken eingesetzt vor allem zur Brunsterkennung und zur Überwachung der Tiergesundheit in Milchviehbeständen. Sie sind mit einem Prozessor zur Erfassung und Speicherung der Messdaten ausgestattet und besitzen einen Piezosensor mit Schwellenwertschalter zur Erfassung der Schritttaktivität. Weiterhin ist eine Differenzierung der Liegedauer in Bauch- und Seitenlage durch zwei digitale

Lagesensoren möglich (BREHME et al., 2003b). Ein Vorteil dieser Messtechnik ist die individuelle Wahl des Messintervalls, das zwischen 1 und 60 Minuten liegen kann (BREHME et al., 2003 b).

Eine weitere sinnvolle Einsatzmöglichkeit von Pedometern ist die Erkennung von Krankheiten bei Rindern, da sich die Tiere im Krankheitsfall meist deutlich weniger bewegen. Die Inaktivität bzw. die auffallend geringe Aktivität von Kühen kann also ein Hinweis auf mögliche Erkrankungen sein. Gesunde Kühe laufen 75 bis 80 Schritte und mehr pro Stunde, je nach Rasse und Temperament (BÖHRNSEN, 2003; EDWARDS und TOZER, 2004). Nicht nur Defekte der Klauen und Gliedmaßen, sondern auch Stoffwechselerkrankungen wie Labmagenverlagerung, Ketose oder Pansenazidose sowie Verdauungsstörungen sind durch einen kontinuierlichen Abfall der Bewegungsaktivität gekennzeichnet (EDWARDS und TOZER, 2004; FIEDLER, 2002; STAUFENBIEL und GELFERT, 2002; STUMPENHAUSEN, 2001).

3 Material und Methode

3.1 Versuchsanstellung und Versuchstiere

Der Versuch wurde an der Lehr- und Versuchsanstalt für Tierhaltung und Technik des Landes Sachsen-Anhalt in Iden zwischen Oktober und Dezember 2004 durchgeführt. Bei den Versuchstieren handelt es sich um Tiere der Rasse Deutsche Schwarzbunte. Die durchschnittliche Milchleistung der Herde betrug während des Untersuchungszeitraumes ca. 11000 kg bei 4,01 % Milchfettgehalt und 3,36% Milcheiweißgehalt.

Zwei Wochen vor dem errechneten Abkalbetermin wurden die Kühe aus dem Trockensteherbereich zum Vorbereitungsstall im Versuchsbereich der Milchviehanlage verbracht. Es wurden folgende Daten von jedem Tier erfasst:

- Laktationsnummer
- Fressverhalten und Futteraufnahme vor der Abkalbung
- Wasseraufnahme und Trinkverhalten vor der Abkalbung
- Ruhe und Bewegungsverhalten vor der Abkalbung
- Geburtsverlauf und Geburtszeit

Die Untersuchungen wurden an 76 hochleistenden Milchkühen im peripartalen Zeitraum durchgeführt. Zu Beginn der Aufzeichnung der Versuchsdaten befanden sich die Tiere in verschiedenen Laktationen. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über Verteilung der Versuchstiere auf.

Tab. 3: Verteilung der Versuchskühe auf die Laktation und mittlere Lebendmasse

| Laktationsnummer | Anzahl der Tiere | Mittlere Lebendmasse (kg) |
|-------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| 1 | 22 | 598,6 |
| 2 | 11 | 691,6 |
| 3 | 21 | 728,5 |
| 4 | 12 | 736,2 |
| 5 | 6 | 763,7 |
| 6 | 2 | 682,0 |
| 7 | 2 | 735,0 |

3.2 Haltungsfom und Fütterung der Kühe

Die Haltung der Tiere erfolgte in einem Laufstall auf Stroh. Der Stall war mit sechs Wiegetrögen für Mischration und einer Tränke ausgestattet. In der Regel wurden die Kühe etwa zwei Wochen vor dem errechneten Abkalbetermin in die Vorbereitungsfütterung gestellt. Die Futtervorlage (Totale Mischration) erfolgte einmal täglich zwischen 11:00 und 12:00 Uhr. Die individuelle Analyse des Futteraufnahmeverhaltens und der aufgenommenen Futtermengen wurde mit Hilfe der Wiegetröge und einer elektronischen Tiererkennung realisiert (AZIZI et al., 2007).

Futteraufnahme und Fressverhalten wurden bei allen Tieren über Transponder, d.h. elektronische Tieridentifizierung bei Zutritt zum Futtertrog und Aufzeichnung der Aufenthaltsdauer am Fressplatz erfasst, gekoppelt mit einer automatischen Wägung der Einzelfuttertröge. Die Kühe hatten Zugang zu sechs Futtertrögen (Abb.8), somit lag ein Tier-Fressplatz-Verhältnis von 2:1 vor.

Folgende Parameter des Futteraufnahmeverhaltens wurden bestimmt:

- aufgenommene Futtermenge
- Fressdauer
- Anzahl der Besuche am Futtertrog

Das Ende eines Besuches wird angezeigt, wenn die Kuh den Kopf zurücknimmt und den Fressplatz verlässt. Um zu vermeiden, dass Kopfbewegungen als Verlassen des Fressplatzes gewertet werden, wurden alle Registrierungen innerhalb von 10 Minuten als ein Besuch registriert.

Eine chemisch-analytische Untersuchung der Ration wurde wöchentlich durchgeführt.

Tab. 4: Rationszusammensetzung (rechnerische Vorgabe je Tier) in der Vorbereitungsfütterung

| Rationsparameter | |
|-------------------------|--------------|
| TS-Vorlage | 11,0 kg |
| dav. aus Silagen | 70 % |
| TS-Gehalt | 40 % |
| Nutzbare Rohprotein | 148 g/kg TS |
| Ruminale-N-Bilanz | 31 |
| Energiegehalt | 6,7 MJ/kg TS |
| Rohfasergehalt | 187 g/kg TS |
| Strukturwert | 1,75 |
| Zucker+ Stärkegehalt | 190 g/kg TS |



Abb. 8: Futtertrog mit automatischer Wiegeeinrichtung, Zeiterfassung und Kuherkennung

3.3 Tränketechnik

Für die individuelle Analyse der Wasseraufnahme und des Trinkverhaltens der Versuchstiere wurde der Stall mit einer Einzeltränke ausgestattet (Abbildung 9). Das Verhältnis zwischen Tierzahl und Tränkplätzen war somit 12:1.

Die Identifikation der Kühe erfolgte über einen Halsresponder. Die automatische Erfassung und Speicherung der Daten sicherte ein Computer. Die Fliessgeschwindigkeit der Tränke betrug 5 l/ min und die Erfassungsgenauigkeit betrug 0,5 Liter.

Die ermittelten Daten wurden von der Tränke direkt über eine bestehende Datenleitung an einen PC gesendet. Das dort installierte Herdenmanagementprogramm Dairyplan 5 der Firma Westfalia speicherte die Daten und bereitete sie teilweise auf.

Für jeden Besuch an der Tränke wurden Nummer des Tieres, Zeitpunkt und Wassermenge registriert.



Abb. 9: Einzeltiertränke im Versuchsstall

3.4 Pedometer

Die Ermittlung der Bewegungsaktivität und des Ruheverhaltens erfolgte mittels ALT-Pedometer. Das ALT-Pedometer dient der zeitintervallbezogenen kontinuierlichen Erfassung und Speicherung der Parameter, Bewegungsaktivität sowie der Liegedauer in Seiten- und Bauchlage bei Rindern. Die Anbringung erfolgt am Fesselgelenk, wobei die zyklische Datenübertragung manuell oder automatisch drahtlos mittels Modem erfolgt. Aus den genannten Parametern ergibt sich auch der Name der Pedometer: A= Aktivität, L= Liegezeit, T= Temperatur. Das ALT-Pedometer beinhaltet die Sensoren zur digitalen Erfassung der Umgebungstemperatur (S1), der Liegepositionen (S2, S3) sowie der analogen Erfassung der Schrittkaktivität (S4), den Mikroprozessor, eine Echtzeituhr, den Datenspeicher sowie das Funkmodul zur drahtlosen Datenübertragung. Zusätzlich verfügt das ALT-Pedometer über eine magnetische Abschaltung, über eine Kontrolle des Batterieladezustandes sowie über einen Betriebsstundenzähler. Der Mikroprozessor erfasst kontinuierlich die Bewegungsaktivität (2Hz) sowie die Liegepositionen (Tastzeit 15 Sekunden) des Tieres und summiert diese über das konfigurierte Messintervall auf. Nach Ablauf dieser Zeit werden die Werte im Datenspeicher abgelegt. Die Summe der Bewegungsaktivität, der Liegepositionen, die Umgebungstemperatur (Messung am Ende des Messintervalls) sowie der Zeitstempel (Datum/Uhrzeit) bilden jeweils einen Datensatz. Um eine kontinuierliche Datenaufzeichnung zu gewährleisten, sind die Daten regelmäßig auszulesen.

Bei jedem Tier wurde das Pedometer oberhalb des Fesselgelenks des linken Vorderbeins befestigt (Abbildung 10) und dokumentiert, welche Kuh zu welcher Zeit welches Pedometer erhielt. Im Versuchszeitraum wurden alle Pedometer auf ein 5 min-Messintervall eingestellt. Dies bedeutet eine Speicherung der Informationen in einer Datenreihe im Fünf-Minuten-Takt. In 24 Stunden ergab sich eine Datenmenge von 288 Werten je Speicherort und Tier. Um einem eventuellen Datenverlust aufgrund fehlender Speicherkapazitäten vorzubeugen, wurden die Pedometer einmal täglich ausgelesen.

Die Datenübertragung zum Notebook erfolgte manuell drahtlos mit Hilfe eines Auslesemodems.



Abb. 10: Kuh mit Pedometer im Versuchsstall

3.5 Geburtsverlauf

Der Zeitpunkt der Geburt und deren Verlauf bei allen Tieren wurden von den Mitarbeitern des Betriebes beobachtet und beschrieben. Nach einem im Betrieb bewährten Schema erfolgte die Einordnung des Kalbeverlaufs entsprechend nachfolgend dargestellter Tabelle 5.

Tab. 5: Bewertung des Kalbeverlaufs (im Versuchsbetrieb)

1. Lebend / Totgeboren

| A | B | C | D | E |
|----------------------------|---|---|--------------------------|-------------------------------|
| Kalb lebend geboren, vital | Lebensschwaches Kalb überlebt bei Umsetzung | Lebensschwaches Kalb verendet nach Geburt vor Umsetzung | Kalb verendet bei Geburt | Kalb erkennbar tot vor Geburt |

2. Klassifizierung der Geburtshilfe

| I | II | III | IV |
|---------------------------|---|---|--|
| Ohne Hilfe, Spontangeburt | Leichte Hilfe, eine Person leistet geringe Geburtshilfe | Erhebliche Hilfe, ein oder zwei Personen helfen; möglicher Einsatz des Geburtshelfers | Schweregeburt, Personen leisten umfangreiche Geburtshilfe, Einsatz des Geburtshelfers oder tierärztl. Hilfe ist erforderlich |

3. Beschreibung: Geburtsablauf, Lage des Kalbes, Verfassung der Kuh

| | |
|----|---|
| 1 | Kalb wird unbeobachtet geboren |
| 2 | Kuh krank (z.B. Festlieger) - Krankheitsanzeichen beschreiben |
| 3 | Hinterendlage |
| 4 | Rückenlage |
| 5 | Andere Fehllagen - beschreiben z.B. Kopf oder Bein weg |
| 6 | Kaiserschnitt |
| 7 | Im Becken stecken geblieben |
| 8 | Gebärmutterverdrehung |
| 9 | Erkennbare Missbildungen - beschreiben |
| 10 | Fetotomie |
| 11 | Mehrlingsgeburten |
| 12 | Verkaltungen |
| 13 | Frühgeburt |
| 14 | Sonstiges - beschreiben (z.B. Missbildungen) |

3.6 Statistische Methoden

Nach Zusammenstellung der Primärdaten mittels Microsoft Excel erfolgte die Bearbeitung der Daten mit dem Statistikprogramm SPSS13 (Statistical Package for the Social Sciences).

Zur Darstellung der Ergebnisse des Fressverhaltens (Aufnahme, Frequenz, Dauer), Trinkverhaltens (Aufnahme, Frequenz, Dauer), Ruhe und Bewegungsaktivität im Zeitbereich ab 7 Tage vor der Abkalbung wurden die arithmetischen Mittelwerte mit den entsprechenden Standardabweichungen ($Mw. \pm SD$) verwendet. Für die Darstellungen ab 72. Stunde a.p. bis zur Abkalbung fanden die Mittelwerte Verwendung.

3.6.1 Strukturbruchanalyse

Es wird von der Annahme ausgegangen, dass sich im geburtsnahen Zeitraum die Reaktion der Kühe deutlich verändert. Um diese Veränderung im zeitlichen Verlauf zu erkennen, bedarf es entsprechender mathematischer Methoden. Aus diesem Grund gelangte die Strukturbruchanalyse zur Anwendung.

Von einem Strukturbruch ist auszugehen, wenn es Teilbereiche des Beobachtungszeitraums gibt, für die ein datengenerierender Prozess durch das gleiche Modell beschrieben werden kann, wobei in den Teilbereichen aber unterschiedliche Werte einiger oder aller Regressionskoeffizienten verwendet werden müssen. Die Teilbereiche oder Regime entsprechen also unterschiedlichen Strukturen. Mit Hilfe einer Auto-Regression kann auch getestet werden, ob Strukturbrüche innerhalb des Beobachtungszeitraums vorliegen. Die Zeitreihen der Regressionsvariablen werden in zwei Teilreihen zerlegt, die nicht notwendiger Weise gleich lang sein müssen. Als Trennperiode wählt man diejenige, ab der ein Strukturbruch zu vermuten ist und schätzt auf der Basis dieser beiden Reihen jeweils dieselbe Regressionsgleichung. Weicht wenigstens ein Parameter der einen Gleichung signifikant von dem entsprechenden Parameter der anderen Gleichung ab, liegt ein Strukturbruch vor. Natürlich kann eine Beobachtungsreihe auch mehrere Strukturbrüche enthalten, es sind dann die hierfür geeigneten Unterteilungen vorzunehmen. Strukturbrüche sind ein Anzeichen dafür, dass sich die allgemeinen Bedingungen, deren Konstanz konstituierend für das statistische Modell ist, verändert haben.

Als Komponenten des Strukturbruchtests gelangen die Regressionsmethode, die OLS-Schätzung (Kleinstquadratmethode) und die Bruchtests - der Chow-Test und der CUSUMQ-Test (Cumulative Sum of Squares) - zur Anwendung, dargestellt in der folgenden Abbildung (nach ALISCH et al., 2004).

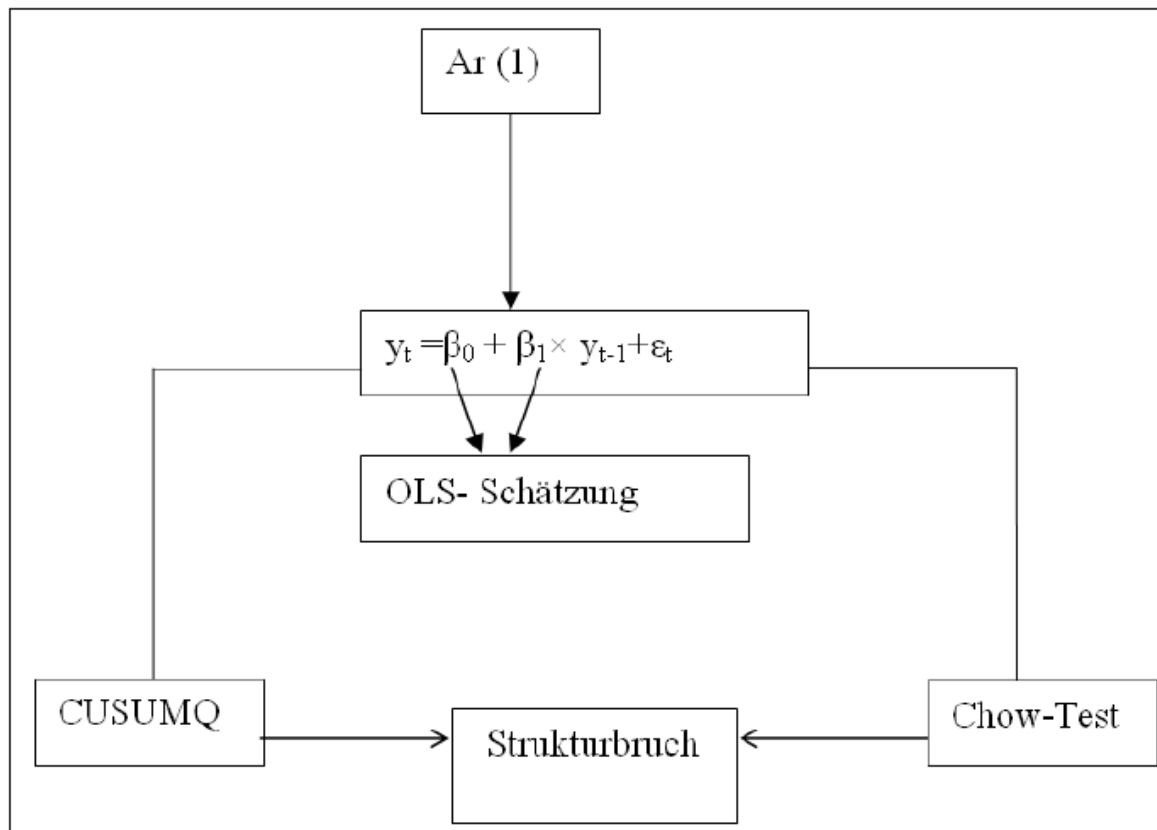


Abb. 11: Komponenten des Strukturbruchs

Als geeignetes Regressions-Modell, um einen Strukturbruch zu testen, erweist sich die Methode der kleinsten Quadrate (OLS-Methode), den CUSUMQ- und Chow-Test voraussetzend. Die Methode der Kleinsten Quadrate, auch Ordinary Least Squares (OLS) genannt, gelangt im linearen Regressionsmodell zur Anwendung.

Zwischen einer endogenen Variablen y (Regressand, erklärte bzw. abhängige Variable) und einer exogenen Variablen x (Regressor, erklärende bzw. unabhängige Variable) existiert ein funktionaler Zusammenhang:

$y_t = \beta_0 + \beta_1 \times x_t + \varepsilon_t$ (bei einem Regressor) (SMOLNY und SCHERFLING, 2006)

Abkürzungen:

β_0 : Absolutglied

β_1 : Koeffizient der exogenen Variablen

t: Zeitindex mit $t = 1, 2, \dots, T$

ε : Störterm (Residuum, Fehler)

In jedem Modell existiert ein Störterm ε , da der funktionale Zusammenhang zwischen y und x nicht zu einer 100%igen Erklärung führt.

Die Methode der kleinsten Quadrate besteht dann darin, die Kurvenparameter so zu bestimmen, dass die Summe der quadratischen Abweichungen der Kurve von dem beobachteten Punkt minimiert wird. Die Abweichungen werden Residuen genannt.

Für die Residuen gilt der Erwartungswert $E(\varepsilon) = 0$ (SMOLNY und SCHERFLING, 2006)

Die in dieser Arbeit betrachteten Strukturbruchtests basieren auf einem Regressionsmodell der folgenden Form:

$$y_t = \beta_0 + \beta_1 \times y_{t-1}$$

Dabei bezeichnet y_{t-1} die exogene Variable und durch Bezugnahme der Variablen auf die Zeit wird immer der Koeffizient zwischen t und $t-1$ berechnet, d.h. eine Zeitreihe analysiert.

Nachfolgend werden die wichtigen Tests (CUSUMQ und Chow-Test) zur Strukturbruchanalyse genauer beschrieben.

3.6.1.1 Chow-Test

Vor der Entwicklung eines Tests mit Regressionen ist kurz der Chow-Test zur Ermittlung von Strukturbrüchen zu erläutern, der auf unabhängigen, normalverteilten Störvariablen mit zeitunabhängiger Varianz basiert. Der Chow-Test ist ein statistischer Test, mit dem sich die Koeffizienten zweier linearer Regressionen auf Gleichheit testen lassen. Liegt der vermutete Strukturbruch in der Periode $T_1 + 1$ vor, lassen sich für den Test drei Zeitreihen festlegen.

Zeitreihe I umfasst alle Beobachtungen für $t = 1, \dots, T$; Zeitreihe II diejenigen vor dem Strukturbruch, also für $t = 1, \dots, T_1$; Zeitreihe III schließlich besteht aus Beobachtungen ab dem Strukturbruch: $t = T_1+1, \dots, T$, deren Anzahl mit T_2 bezeichnet wird. Mit diesen drei Zeitreihen werden drei Schätzungen für dieselbe Regression durchgeführt und jeweils die OLS-Residuen berechnet, die so mit der OLS-Methode angepasst werden, dass die Quadratsumme der Residuen hierfür minimal wird. Der Chow-Test erlaubt zu entscheiden, ob tatsächlich unterschiedliche Strukturen vermutet werden müssen oder nicht. Er setzt voraus (HACKL, 2005),

1. dass Teilbereiche mit konstanter Struktur identifiziert werden können,
2. dass der Zeitpunkt bekannt ist, zu dem der Übergang zwischen den Regimes stattgefunden hat,
3. dass jedem Regime eine ausreichende Anzahl von Beobachtungen zur Verfügung
4. steht, so dass das Modell an die Daten jedes einzelnen Regimes angepasst und die Residuen bestimmt werden können.

Der Chow-Test ist ein Test auf Strukturbruch und beantwortet die Frage nach der Konstanz der Regressionskoeffizienten in der Zeit.

Dabei wird die Nullhypothese geprüft, ob die Regressionskoeffizienten in allen Teilbereichen des Beobachtungszeitraums die gleichen sind. Die Alternative besteht darin, dass ab einem bestimmten Zeitpunkt oder zu einem bestimmten Zeitpunkt das Interzept und einige oder auch alle anderen Regressionskoeffizienten ihren Wert ändern.

Nullhypothese: die Regressionskoeffizienten sind in allen Teilbereichen des Beobachtungszeitraums die gleichen (kein Strukturbruch)

Alternative Hypothese: zu bestimmten Zeitpunkten ändert sich das Interzept und einige oder alle anderen Regressionskoeffizienten verändern ihren Wert

3.6.1.2 CUSUMQ-Test

Rekursive Residuen werden auch für den CUSUMQ-Test verwendet. Dieser ist ein Strukturbruchtest, dessen großer Vorteil gegenüber dem klassischen Chow-Test darin besteht, dass der Zeitpunkt des Strukturbruchs nicht a priori bekannt sein muss. Er beruht auf einer Summe der rekursiven Residuen. Der CUSUMQ-Test prüft die Stabilität der Regressionsparameter im Zeitverlauf. Die Nullhypothese prüft die Regressionsparameter dahin gehend, ob in allen Teilbereichen des Beobachtungszeitraums Stabilität besteht, oder ob die Alternative Hypothese (keine Stabilität) angenommen werden muss. Zur darstellenden Auswertung der Strukturbruchanalyse wurde das Programm Microfit 4.0 verwendet.

MICROFIT ist ein interaktives, menügesteuertes Programm, das speziell für die Analyse von Zeitreihen (HASHEM und BAHRAM, 1997) entwickelt wurde.

3.6.2 Zusammenfassung der statistischen Methoden

Einen zusammenfassenden Überblick über die statistischen Maßnahmen bezüglich aller Parameter gibt die nachfolgende Tabelle.

Tab. 6: Zusammenfassung der statistischen Maßnahmen der Parameter

| Statistik | TS-Aufnahme | | | Wasseraufnahme | | | Bewegungsaktivität | | | | |
|---------------------|-------------|----|----|----------------|----|----|--------------------|----|-----|----|----|
| | TS | FF | FD | WA | TF | TD | GBZ | SZ | GLZ | BL | SL |
| Mittelwertvergleich | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| Chow-Test | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| CUSUMQ-Test | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

+ durchgeführt

4 Ergebnisse und Diskussion

4.1 Analyse und Bewertung des Kalbeverlaufes

Zur Bewertung des Geburtsverlaufs der Versuchstiere erfolgte eine Einteilung des Tierbestandes in zwei Gruppen nach folgenden Kriterien:

- Normalgeburt: (siehe Tabelle 5, AI, AII)
- Schwerkgeburt: (alle Beschreibungen der Geburten außer AI, AII)

Aus Tabelle 7 lässt sich die Verteilung des Geburtsverlaufs erkennen.

Tab. 7: Bewertung des Kalbeverlaufs der Versuchstiere

| | Geburtsverlauf | |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | leichte Geburt | schwere Geburt |
| <i>Färsen</i> | | |
| Anzahl | 12 | 10 |
| Prozent % | 54,5 | 45,5 |
| <i>Kühe</i> | | |
| Anzahl | 47 | 7 |
| Prozent % | 87,8 | 12,2 |

Bei einer Auswertung der 76 Abkalbungen benötigten 59 Tiere keine oder nur leichte Geburtshilfe, 17 Tiere brauchten eine mittlere bis schwere Geburtshilfe. Besonders auffällig sind die Unterschiede zwischen abkalbenden Färsen und abkalbenden Kühen. Fütterungsbedingte Faktoren, wie Energie- oder Eiweißüberangebot sind in den vorliegenden Untersuchungen auszuschließen und dürften keine Auswirkungen auf die Verteilung der Normal- und Schwerkgeburtenrate haben.

Die Auswertung von 22 Färsen ergab, dass 12 Tiere ohne oder mit nur leichter Geburtshilfe auskamen, während 10 Tiere einer erheblichen bzw. umfangreichen Geburtshilfe bedurften. 54,5% der Kälber der Färsen kamen ohne oder durch leichte Geburtshilfe zur Welt, bei Kühen waren es 87,8 %. Diese Werte erreichen nur teilweise die in der Literatur (AUMANN et al, 1996; NIX et al., 1998) beschriebenen Bereiche. Eine wesentliche Ursache dürfte in der

Subjektivität des Vorgehens bei der Bewertung des Kalbeverlaufs zu finden sein. Bestätigung hingegen finden die Angaben von MEYER et al. (2001) sowie JOHANSON und BERGER (2003), die auf ein deutlich erhöhtes Schweregeburtsrisiko bei Färsen im Vergleich zu Kühen hingewiesen hatten.

4.2 Trockensubstanzaufnahme und Merkmale des Fressverhaltens

4.2.1 Verlauf der Parameter im Zeitraum vom 7. Tag a.p. bis zum Tag der Abkalbung sowie stundenweiser Verlauf in den letzten 72 Stunden a.p.

Die Darstellung der Parameter TS-Aufnahme und Fressverhalten (Frequenz und Dauer) wurde unter zwei Aspekten vorgenommen:

1. Übersicht der Durchschnittswerte aller Tiere in Form des Tagesmittelwertes über den Verlauf der 7 Tage a.p., getrennt nach Kühen und Färsen
2. Differenzierung der Messergebnisse auf den Mittelwert pro Stunde berechnet für den Zeitabschnitt von 72 Stunden a.p. bis zum Geburtszeitpunkt.

4.2.1.1 Trockensubstanzaufnahme

In Abbildung 12 wurde der Verlauf der TS-Aufnahme der Färsen und Kühe innerhalb der letzten 7 Tage vor der Abkalbung dargestellt.

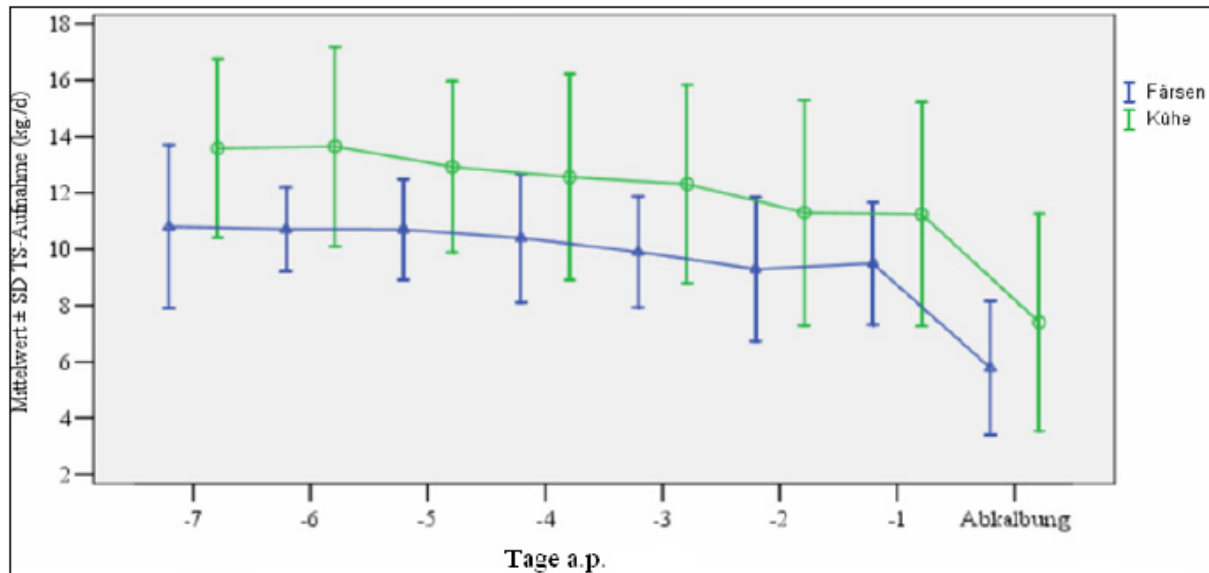


Abb. 12: Verlauf der TS-Aufnahme pro Tag bei Färsen und Kühen vom 7. Tag a.p bis zur Abkalbung

Mit Beginn der Aufzeichnungen am 7. Tag a.p. lag die durchschnittliche Trockensubstanzaufnahme der Färsen bei $10,8 \pm 2,9$ kg und der Kühe bei $13,6 \pm 3,2$ kg.

Bei den hochträchtigen Färsen und Kühen ist ein deutlicher Rückgang der TS-Aufnahme von Tag zu Tag, insbesondere in der letzten Woche a.p., zu verzeichnen.

Am Tag der Abkalbung reduzierte sich die TS-Aufnahme besonders deutlich auf $5,8 \pm 2,4$ kg bei den Färsen und $7,4 \pm 3,8$ kg bei den Kühen, d.h. die Futteraufnahme fiel im Vergleich zum Vortag bei Färsen um ca. 58% und bei den Kühen um ca. 46% ab.

In der nachfolgenden Abbildung wird die TS-Aufnahme in Bezug auf die metabolische Körpermasse der Versuchstiere (DMI % MLM) dargestellt.

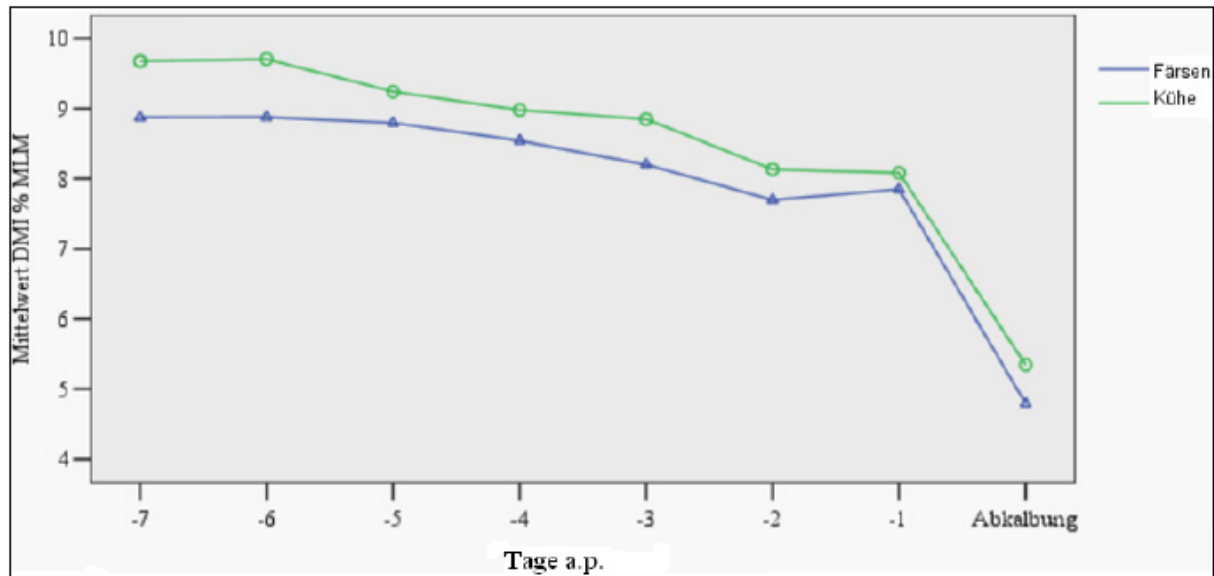


Abb. 13: Verlauf der TS-Aufnahme pro Tag, bezogen auf die metabolische Lebendmasse, bei Färsen und Kühen vom 7. Tag a.p. bis zur Abkalbung

Die hochtragenden Färsen zeigten zu Beginn der letzten 7 Tage der Trächtigkeit eine ca. 8,9 % der metabolischen Körpermasse entsprechende Trockenmasseaufnahme. Von diesem Niveau fiel die relative Aufnahme zum 5. Tag a.p. auf ca. 8,7 % ab, erreichte einen Tag a.p. ca. 7,8 % und 4,8 % am Tag der Abkalbung.

Die hochtragenden Kühe wiesen eine um ca 5 bis 10 % höhere, auf die metabolische Körpermasse bezogene TS-Aufnahme im Vergleich zu den Färsen auf, die noch am 6. Tag a.p. im Bereich von 9,7 % DMI % MLM lag. Am Tag vor der Abkalbung waren 8,1 % DMI % MLM und am Abkalbetag 5,3 % DMI % MLM zu verzeichnen.

Um die Aussagen differenzierter darstellen zu können, erfolgte eine Aufbereitung der Messwerte ausgehend vom genauen Zeitpunkt der Geburt, indem eine Zuordnung der Werte auf jede einzelne Stunde erfolgte, den Zeitabschnitt von 72 Stunden a.p. bis zur Geburt umfassend.

Die nächste Abbildung zeigt den Verlauf der TS-Aufnahme für alle Versuchstiere ab 72. Stunde a.p., berechnet als g TS-Aufnahme/h.

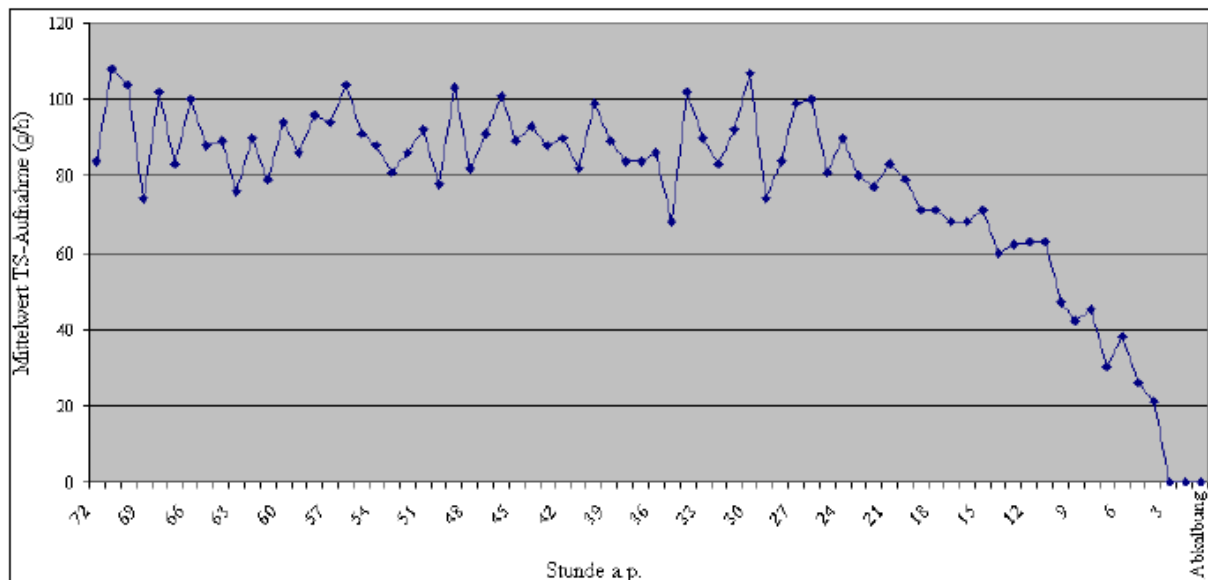


Abb. 14: TS-Aufnahme pro Stunde aller Versuchstiere ab 72. Stunde a.p.

Die Abbildung 14 zeigt, dass in den letzten drei Stunden vor der Abkalbung keinerlei Futteraufnahme bei den hochtragenden Kühen und Färsen registriert werden konnte. Zwischen der 4. und 6. Stunde vor der Geburt hatten nur 21 Tiere (7 Färsen, 14 Kühe) vom gesamten Versuchstierbestand die Futtertröge besucht und gefressen. Eine maximale durchschnittliche TS-Aufnahme war bei allen Tieren zwischen 70. und 72. Stunde a.p. mit 108 g/h festzustellen. Ab 36. Stunde ging die stündliche Futteraufnahme kontinuierlich zurück auf bis zu 21 g/h ab 4 Stunden vor der Abkalbung.

Der Rückgang der TS-Aufnahme bei Färsen und Kühen im Versuch stimmt überein mit Aussagen aus dem internationalen Schrifttum (VANSAUN; 1991; SÜDEKUM; 2003, GRUMMER; 1995).

In den letzten zwei Tagen vor der Abkalbung beschreiben VASQUEZ et al. (1994) ähnliche Beobachtungen bei Kühen und Färsen, die einen Rückgang der TS-Aufnahme ab zwei Tage vor der Abkalbung um ca. 40% ermittelten. In anderen Studien lag der Rückgang der TS-Aufnahme bei ca. 20-30 % (BERTRICS et al., 1992). In allen Auswertungen wurde auf die hohe Streubreite der Messergebnisse, insbesondere in den letzten Tagen a.p. und noch verstärkt am Tag der Abkalbung, hingewiesen.

Differenzen zwischen einzelnen Tieren am Tag der Abkalbung, wie sie mit 11,1 bis 2,2 kg TS-Aufnahme unter gleichen Rationenbedingungen von VASQUEZ et al. (1994) beschrieben

worden sind, konnten im vorliegenden Versuch ebenso Bestätigung finden wie die von GRUMMER (1996) und SÜDEKUM (2001) beschriebene Tatsache, dass der Futteraufnahmerückgang in den letzten Tagen der Trächtigkeit tierindividuell außerordentlich differenziert ausgeprägt sein kann.

In den letzten sieben Tagen a.p. fraßen die Färsen signifikant weniger als die Kühe. Die Differenz zwischen Färsen und Kühen am 7. Tag a.p. betrug ca. 3 kg und am Tag der Abkalbung nur noch ca. 1,5 kg. Ähnliche Ergebnisse veröffentlichten INGVAERTSEN und ANDERSEN (2000).

Die Ergebnisse bezüglich DMI % MLM liegen im Bereich von Messwerten von STERNBERG (2005, 2007) und MLAOUHI (2010) an hochtragenden Färsen im antepartalen Zeitraum. Bei einer Trockenmasseaufnahme von 1,57 bis 1,78 kg/100 kg LM errechneten sich auf die metabolische Lebendmasse bezogene Werte im Bereich von 79,3 bis 88,8 g/kg LM^{0,75}, d.h. 7,9 bis 8,9 % DMI % MLM. Dies bestätigt Ergebnisse von RABELO et al. (2003), die als durchschnittliche DMI % MLM während der letzten vier Wochen vor der Abkalbung für Kühe 1,88% und für Färsen 1,68% angaben, d.h. die auf die Lebendmasse relativierte Futteraufnahme lag bei Kühen um ca. 15 % höher als bei Färsen.

Die deutlich niedrigere Körpermasse der Färsen verbunden mit einem im Vergleich zu ausgewachsenen Kühen zusätzlichen täglichen Energie- und Nährstoffbedarf für das Eigenwachstum führte, tierindividuell bedingt, zu teilweise stark defizitären Versorgungssituationen, insbesondere bei den schlecht fressenden Färsen mit an mehreren Tagen zu registrierenden Minimalwerten unterhalb von 1,6 % DMI % MLM.

Es ist anzunehmen, dass neben der anatomisch-physiologisch gegebenen Konkurrenzsituation um das nutzbare Volumen der Bauchhöhle (JEROCH et al., 1999), insbesondere stoffwechselbezogene Regelfaktoren, verstärkt Einfluss auf die Steuerung der Futteraufnahme in diesem Zeitbereich der Hochträchtigkeit und des Einleitens der Abkalbevorgänge nehmen. So ist die Steuerungsfunktion des Progesteron-Östrogen-Verhältnisses im ante- und peripartalen Zeitraum bekannt (GOFF und HORST, 1997; BREMMER et al., 1999; NRC, 2001).

Die Östrogen-induzierten biochemischen Signale wirken über den Hypothalamus in Form einer negativen Rückkopplung auf die Futteraufnahme.

Der deutliche Rückgang der TS-Aufnahme von Stunde zu Stunde, insbesondere in den letzten 24 Stunden a.p. lässt eine intermediäre Steuerung vermuten, ausgelöst durch deutlich steigende Östrogen- und fallende Progesteronkonzentrationen im Blutplasma (GOFF und HORST, 1997).

4.2.1.2 Fressdauer

Als Fressdauer ist die Zeit bezeichnet, die die Tiere im Verlauf eines Tages am Fressplatz verbracht haben. Abbildung 15 spiegelt die Fressdauer der Färsen und Kühe im Zeitraum a.p. wider.

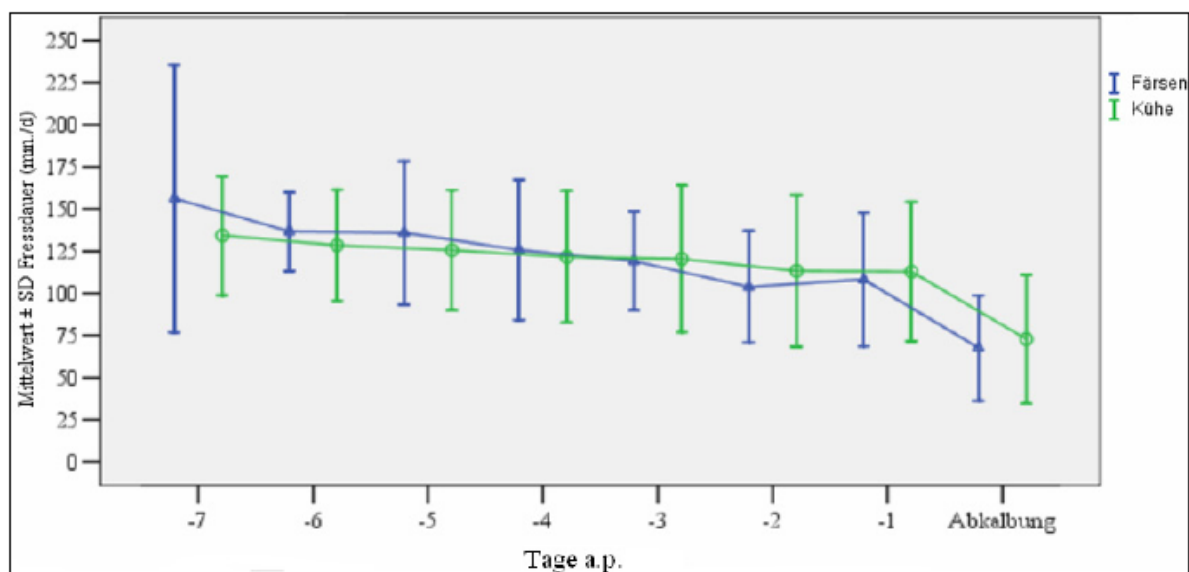


Abb. 15: Verlauf der Fressdauer pro Tag bei Färsen und Kühen vom 7. Tag a.p bis zur Abkalbung

Die Fressdauer der Färsen betrug durchschnittlich $156,2 \pm 79,3$ Minuten am 7. Tag vor der Abkalbung. Bis zum 2. Tag a.p. sank die Fressdauer danach um ca. ein Drittel ab und reduzierte sich am Tag der Abkalbung nochmals deutlich auf nur noch $67,6 \pm 31,3$ Minuten.

Die Kühe hatten am 7. Tag vor der Abkalbung eine Fressdauer von $134,3 \pm 35,4$ Minuten aufzuweisen. Diese verringerte sich bis zum 1. Tag a.p. auf $112,9 \pm 41,3$ und erreichte am Tag der Abkalbung ein Niveau von $73,0 \pm 38,2$ Minuten.

Die folgende Abbildung 16 verdeutlicht den Verlauf der Fressdauer (min/h) in den letzten 72 Stunden vor der Abkalbung.

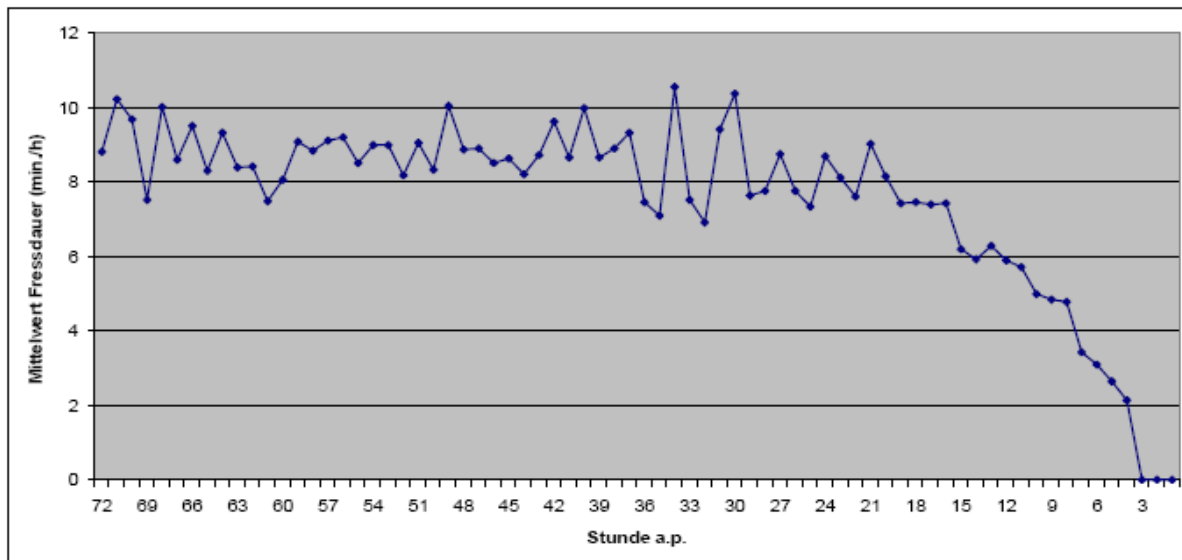


Abb. 16: Fressdauer pro Stunde aller Versuchstiere ab 72. Stunde a.p.

Abbildung 16 zeigt, dass die durchschnittliche Fressdauer 72 Stunden vor der Abkalbung bei ca. 8,12 min/h lag, beginnend bei 8,81 min/h im Abschnitt 70-72 Stunden a.p. Danach sank die Fressdauer kontinuierlich ab und erreichte ca. 2,66 min/h im Bereich 4.-6. Stunde vor der Abkalbung.

Es existieren sehr wenige Informationen über das Fressverhalten im präpartalen Zeitraum, insbesondere getrennt nach Färsen und Kühen. Verwertbare Daten zur Beurteilung der Streubreite der individuellen Parameter des Fressverhaltens im abkalbenahen Zeitraum existieren nicht. Als Orientierungswerte können Ergebnisse nach PROUDFOOT et al. (2009) sowie Huzzey et al. (2005) herangezogen werden. Die durchschnittliche Fressdauer von Holstein Kühen wurde am zweiten Tag vor der Abkalbung mit ca. 3,6 Stunden angegeben und sank am Tag vor der Abkalbung um 140 Minuten auf ca. 76 Minuten pro Tag. Für die letzten 10 Tage a.p. bis zur Abkalbung bezifferten Huzzey et al. (2005) die durchschnittliche Fressdauer auf 86.8 ± 2.95 min/Tag.

4.2.1.3 Fressfrequenz

Als Fressfrequenz wird die Anzahl der Besuche am Fressplatz pro Tag definiert. Die Abbildung 17 zeigt den Verlauf der Fressfrequenz der Versuchstiergruppen im a.p.-Zeitraum.

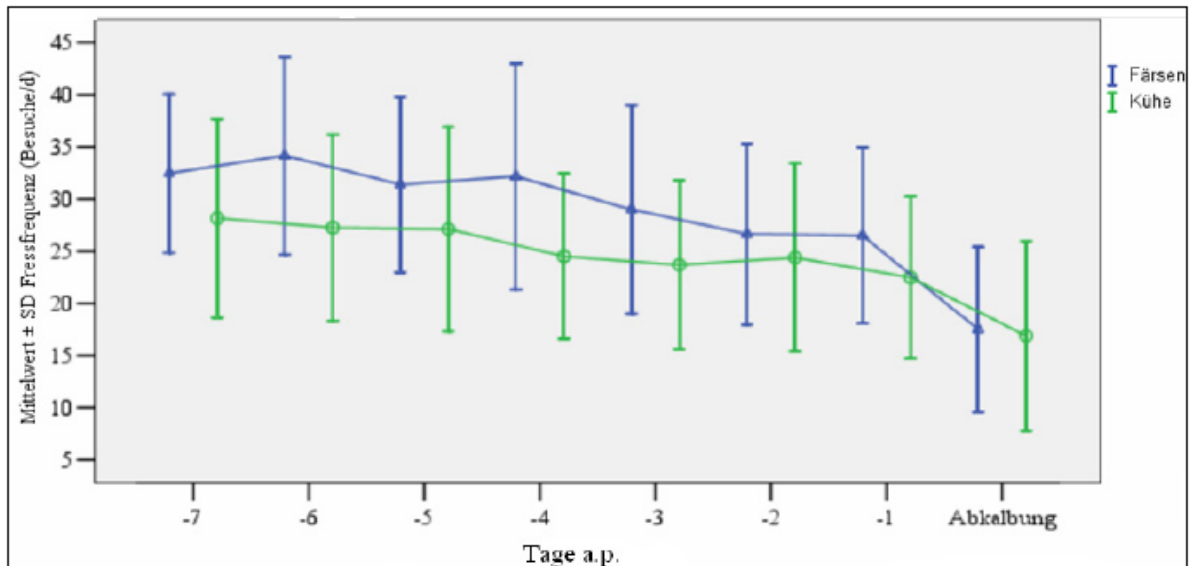


Abb. 17: Verlauf der Fressfrequenz pro Tag bei Färsen und Kühen vom 7. Tag a.p bis zur Abkalbung

Die Fressfrequenz pendelte vom 7. bis zum 1. Tag a.p. und ging erst am Abkalbetag auf die Hälfte des Ausgangswertes zurück. Während Färsen am 7. Tag a.p. ca. $32,4 \pm 7,6$ -mal den Fressplatz aufgesucht hatten, kamen die Kühe weniger oft an die Fressströge, ca. $28,1 \pm 9,5$ -mal. Die Fressfrequenz sank am stärksten am Tag der Abkalbung, bei Färsen um ca. 47 %, bei den Kühen um ca. 38 %. Der Verlauf der Fressfrequenz innerhalb der letzten Woche vor der Abkalbung entspricht dem Verlauf der TS-Aufnahme und der Fressdauer.

Die nächste Abbildung widerspiegelt den Verlauf der Fressfrequenz in den letzten 72 Stunden vor der Abkalbung.

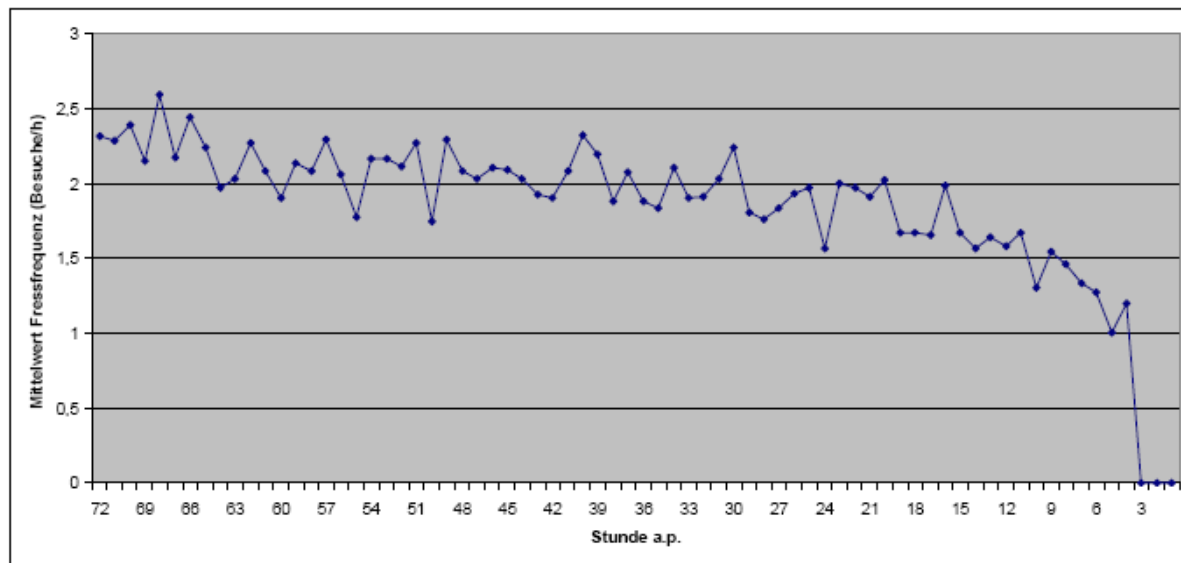


Abb. 18: Fressfrequenz pro Stunde aller Versuchstiere ab 72. Stunde a.p.

Im Durchschnitt besuchten die Versuchstiere ab 72. Stunde a.p. bis zur Abkalbung 2,0 mal je Stunde die Futtertröge, beginnend bei 2,3 mal im Abschnitt 70.-72. Stunde a.p., doch danach fiel die Fressfrequenz ab und erreichte in der 4.-6. Stunde 1,2 mal

Werden zu einer orientierenden Bewertung Ergebnisse von AZIZI (2008) herangezogen, der unter vergleichbaren Haltungsbedingungen Verhaltensparameter des Futteraufnahmeverhaltens an laktierenden Kühen ab Laktationsbeginn (2. Laktationswoche) untersuchte, ergaben sich für den ersten Messtag (8. Tag p.p) Werte für die Fressfrequenz von 26 Fressplatzbesuchen sowie als Durchschnittswert für die erste Versuchswoche (8.-14. Tag p.p.) ein Wert von 28,0 (SD 11,1).

4.2.2 Zeitreihenanalyse für die *Trockensubstanzaufnahme* und das Fressverhalten

4.2.2.1 Trockensubstanzaufnahme

Die folgende Abbildung zeigt die CUSUMQ-Kurve der TS-Aufnahme der Versuchstiere von 72 Stunden a.p. bis zur Abkalbung

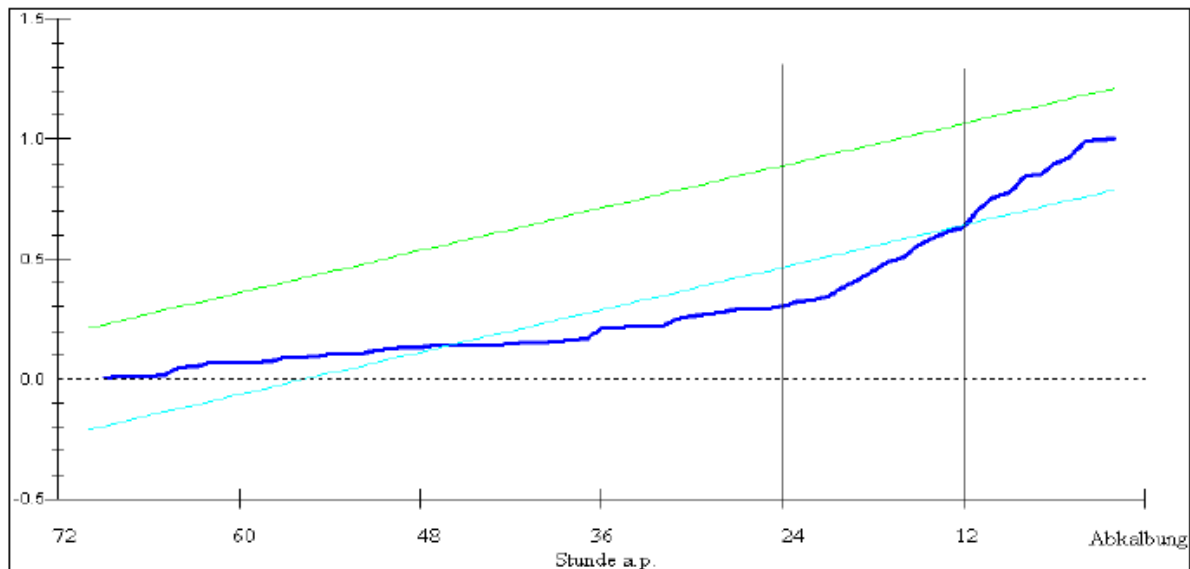


Abb. 19: CUSUMQ der TS-Aufnahme der Versuchstiere

Die CUSUMQ-Kurve der TS-Aufnahme liegt von der 72. Stunde a.p. bis zur 46. Stunde a.p. und in den letzten 14 Stunden vor der Abkalbung innerhalb der 5%-Signifikanz- Grenze. Zwischen 46. und 14. Stunde a.p. bewegt sich die Kurve außerhalb des 5%-Signifikanz-Niveaus und weist einen deutlichen Bruch im Verlauf der TS-Aufnahme innerhalb des Beobachtungszeitraums auf.

Die nächste Tabelle zeigt die Ergebnisse des Chow-Tests.

Tab. 8: Ergebnisse des Chow-Tests zur Entwicklung der TS-Aufnahme

| Stunde a.p. | Regressionsgleichung | P-Werte |
|-----------------------|---|-----------------------|
| 72 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 4,8828 + 0,92263Y_{(t-1)}$ | |
| 72 - 24 | $\hat{Y}_t = 113,6577 - 0,26402Y_{(t-1)}$ | CHSQ = 83,6755[0,000] |
| 24 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = -4,8777 + 1,0269Y_{(t-1)}$ | F = 41,8377[0,000] |
| 24 - 12 | $\hat{Y}_t = 14,2990 + 0,78719Y_{(t-1)}$ | CHSQ = 3,0784[0,215] |
| 12 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = -2,5896 + 0,90830Y_{(t-1)}$ | F = 1,5392[0,239] |

Der Chow-Test zeigt nur zur 24. Stunde a.p. einen Bruch.

Sowohl deutliche Verschiebungen im Östrogen-Progesteron-Verhältnis als auch insbesondere stressinduzierte Veränderungen dürften für den deutlichen Bruch im Verhaltensverlauf des Parameters TS-Aufnahme 24 Stunden vor Abkalbebeginn verantwortlich zu machen sein. Stressreaktionen werden vom Endokrinium und dem zentralen Nervensystem koordiniert und

reguliert. Dabei erlangt das Corticotropin-Releasinghormon (CRF) eine zentrale Stellung. Es wird im Hypothalamus und Gastrointestinaltrakt synthetisiert und in Stresssituationen ausgeschüttet, stimuliert dabei u. a. die Freisetzung von ACTH und somit die Cortisolsekretion mit der Folge, dass die Futteraufnahme deutlich sinkt (PETRUSZ U. MERCHENTHALER, 1992; INGVARSEN u. ANDERSEN, 2000; RUCKEBUSCH u. MALBERT, 1986; ARASE et al., 1988; GLOWA u. Gold, 1991; HORSTMANN, 2004 zit. FORBES, 1986). Unter der Voraussetzung, dass der peripartale Anstieg des Cortisol-Plasmaspiegels primär CRF- bzw. ACTH-vermittelt ist, kann CRF mit für den peripartalen Futteraufnahmerückgang verantwortlich sein (INGVARTSEN u. ANDERSEN, 2000).

In der nachfolgenden Abbildung ist der Verlauf der Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests für die TS-Aufnahme in den letzten 72 Stunden vor der Abkalbung dargestellt.

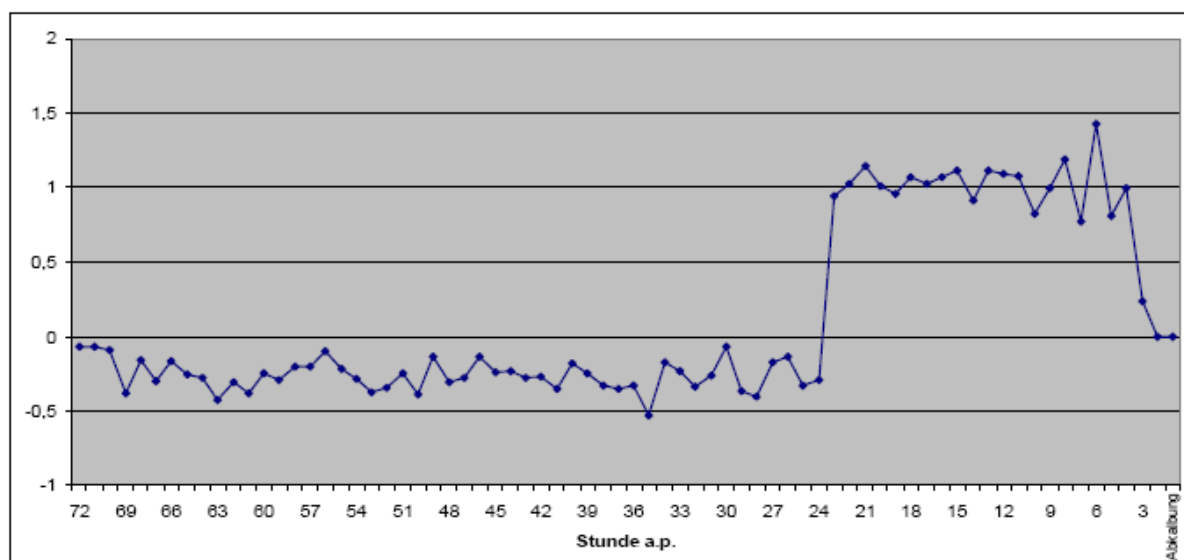


Abb. 20: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Trockensubstanzaufnahme ab 72. Stunde a.p.

Im Zeitbereich von 72. bis ca. 24. Stunde a.p. variieren die Koeffizienten der Regressionsgleichungen geringfügig im Bereich zwischen -0,1 bis -0,5. Im Zeitabschnitt von 24. bis 22. Stunde a.p. verändern sich die Koeffizienten sehr deutlich, schwenken in den positiven Bereich ein und variieren bis zur 3. Stunde a.p. um den Wert +1,0. Da die Koeffizienten sowohl den Trendverlauf als auch die Größenordnung der Veränderung von einer zur nächsten Stunde beschreiben, dürften für einen Vorhersage-Algorithmus diese

qualitativ deutlichen Veränderungen von Bedeutung sein, um den Beginn der letzten 24 Stunden a.p. (t) und damit auch den wahrscheinlichen Abkalbezeitpunkt ($=t+24$ h) vorherbestimmen zu können.

4.2.2.2 Fressdauer

In der nächsten Abbildung ist die CUSUMQ-Kurve für die Fressdauer der Versuchstiere innerhalb der letzten 72 Stunden a.p. dargestellt.

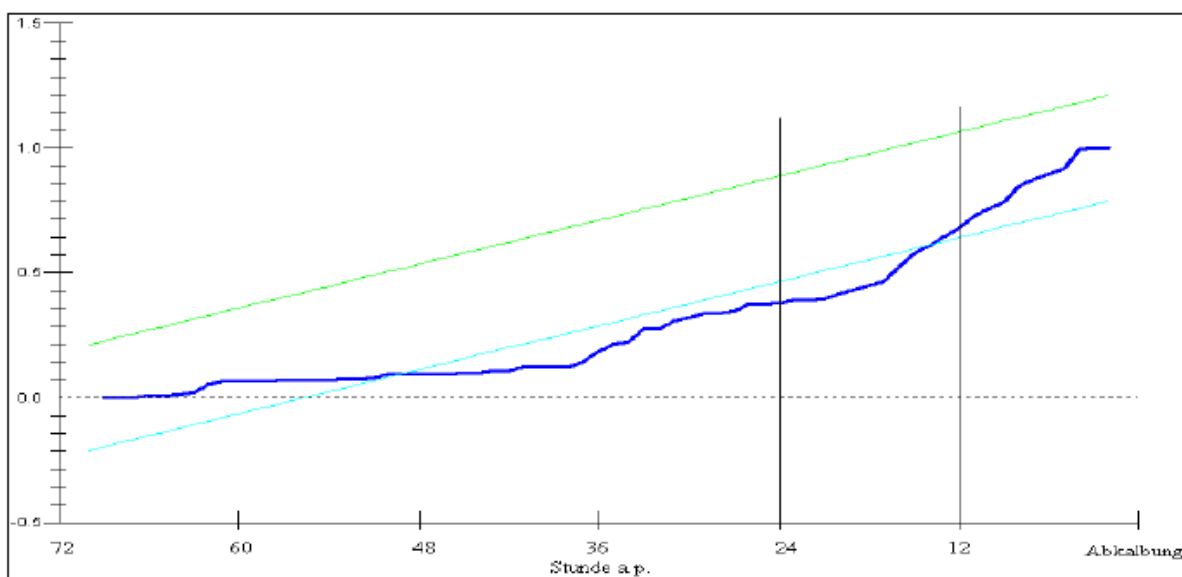


Abb. 21: CUSUMQ der Fressdauer der Versuchstiere

Die CUSUMQ-Kurve der Fressdauer liegt von der 72. Stunde a.p. bis zur 50. Stunde a.p. und in den letzten 14 Stunden vor der Abkalbung innerhalb des 5%-Signifikanz-Bereichs. Zwischen 50. und 14. Stunde a.p. befindet sich die Kurve außerhalb des 5%-Signifikanz-Niveaus und weist einen deutlichen Bruch innerhalb des Beobachtungszeitraums auf.

Die nächste Tabelle zeigt die Ergebnisse des Chow-Tests.

Tab. 9: Ergebnisse des Chow-Tests zur Entwicklung der Fressdauer

| Stunde a.p. | Regressionsgleichung | P-Werte |
|-----------------------|--|-----------------------|
| 72 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 0.26064 + 0.94993 Y_{(t-1)}$ | |
| 72 - 24 | $\hat{Y}_t = 9.5254 - 0.092629 Y_{(t-1)}$ | CHSQ = 57,4502[0,000] |
| 24 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = -0.55250 + 1.0439 Y_{(t-1)}$ | F = 28,7251[0,000] |
| 24 - 12 | $\hat{Y}_t = 2.4429 + 0.66287 Y_{(t-1)}$ | CHSQ = 3,4994[0,174] |
| 12 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = -0.47472 + 0.98625 Y_{(t-1)}$ | F = 1,7497[0,198] |

Der Chow-Test zeigt nur zur 24. Stunde a.p. einen Bruch. Bezugnehmend auf die Steuerungsvorgänge der Futteraufnahme im peripartalen Zeitraum ist anzunehmen, dass nicht nur die absolute Höhe der aufgenommenen Futtermenge, sondern insbesondere die Verhaltensmerkmale Fressdauer und Fressfrequenz dem Einfluss der stoffwechselgebundenen Auslenkung unterliegen.

In der nachfolgenden Abbildung ist der Verlauf der Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests für die Fressdauer in den letzten 72 Stunden vor der Abkalbung aufgeführt.

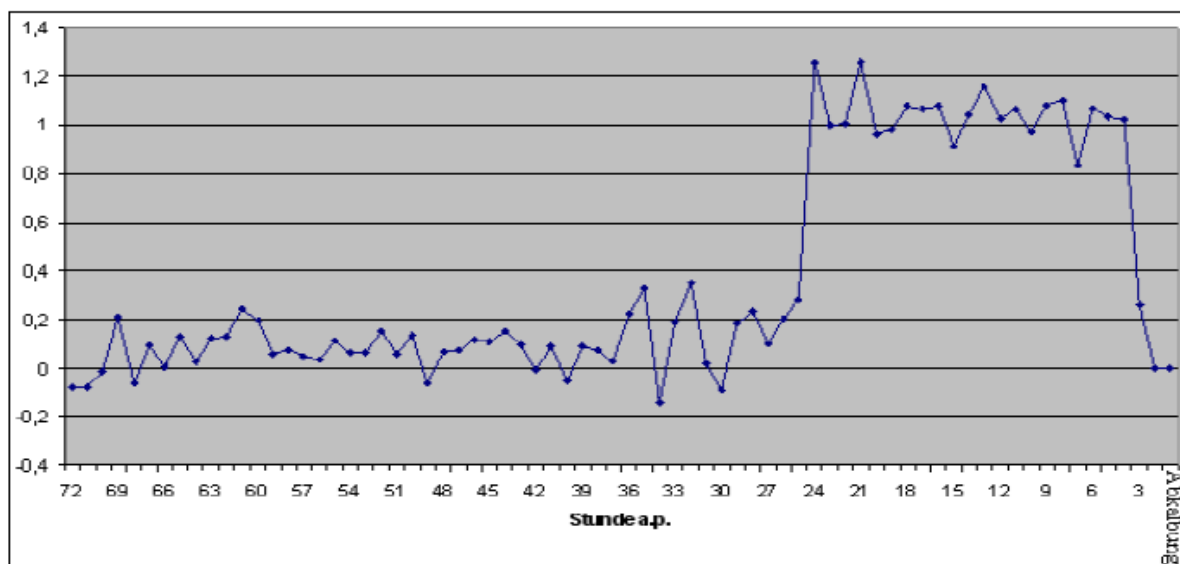


Abb. 22: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Fressdauer ab 72. Stunde a.p.

Ähnlich der TS-Aufnahme variieren die Koeffizienten der Regressionsgleichungen im Zeitbereich von 72. bis ca. 24. Stunde a.p. nur geringfügig zwischen Werten von -0,1 bis

+0,3. Im Zeitabschnitt von 24. bis 22. Stunde a.p. verändern sich die Koeffizienten sehr deutlich, gehen in den positiven Bereich über und variieren bis zur 3. Stunde a.p. um den Wert +1,0. Auch diese qualitativ deutliche Veränderung dürfte für einen Vorhersage-Algorithmus nutzbar sein, um den Beginn der letzten 24 Stunden a.p. (t) und damit auch den wahrscheinlichen Abkalbezeitpunkt ($=t+24$ h) vorherbestimmen zu können.

4.2.2.3 Fressfrequenz

Die folgende Abbildung zeigt die CUSUMQ-Kurve der Fressfrequenz der Versuchstiere innerhalb der letzten 72 Stunden a.p.

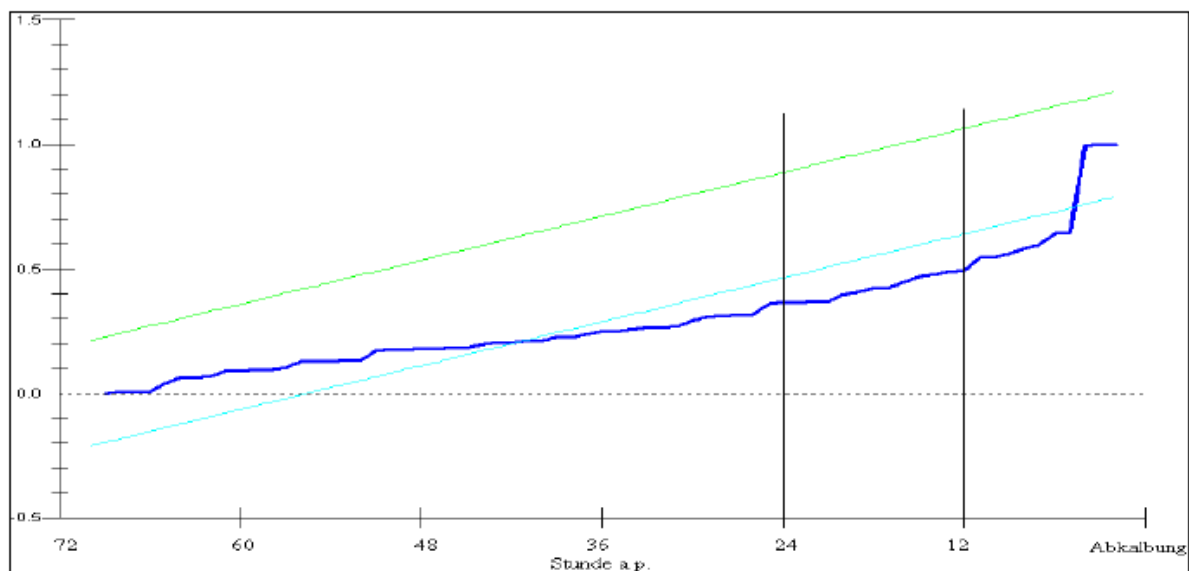


Abb. 23: CUSUMQ der Fressfrequenz der Versuchstiere

Die CUSUMQ-Kurve der Fressfrequenz liegt von der 72. Stunde a.p. bis zur 42. Stunde a.p. und in den letzten vier Stunden vor der Abkalbung innerhalb, zwischen 42. und 4. Stunde a.p. aber außerhalb des 5%-Signifikanz-Niveaus und besitzt einen deutlichen Bruch innerhalb des Beobachtungszeitraums. Die folgende Tabelle beinhaltet die Ergebnisse des Chow-Tests.

Tab. 10: Ergebnisse des Chow-Tests zur Entwicklung der Fressfrequenz

| Stunde a.p. | Regressionsgleichung | P-Werte |
|-----------------------|---|-----------------------|
| 72 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 0,079678 + 0,94028 Y_{(t-1)}$ | |
| 72 - 24 | $\hat{Y}_t = 1,5523 + 0,252038 Y_{(t-1)}$ | CHSQ 17,22560[0,000] |
| 24 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = -0,019892 + 0,95810 Y_{(t-1)}$ | F = 8,6280[0,000] |
| 24 - 12 | $\hat{Y}_t = 1,6115 + 0,98469 Y_{(t-1)}$ | CHSQ = 0,74759[0,387] |
| 12 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = -0,033439 + 0,91146 Y_{(t-1)}$ | F = 0,70899[0,408] |

Obwohl die CUSUMQ-Kurve zur 12. Stunde a.p. eine unkonstante Kurve aufweist, zeigt der Chow-Test einen Bruch nur zur 24. Stunde a.p. In der nachfolgenden Abbildung ist der Verlauf der Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests für die Fressfrequenz in den letzten 72 Stunden vor der Abkalbung dargestellt.

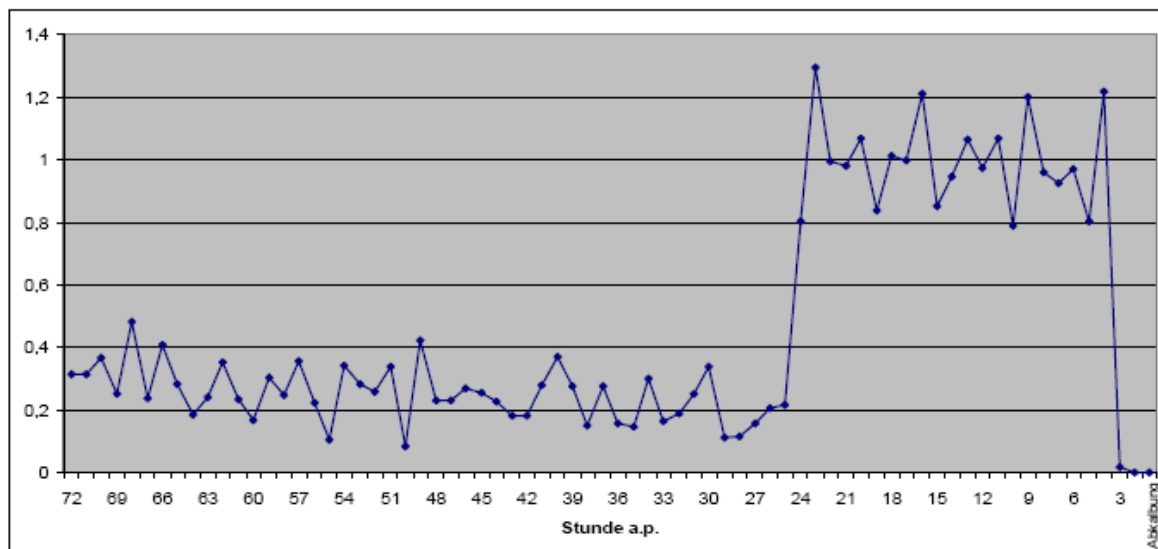


Abb. 24: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Fressfrequenz ab 72. Stunde a.p.

Im Zeitbereich von 72. bis ca. 24. Stunde a.p. variieren die Koeffizienten der Regressionsgleichungen geringfügig im Bereich zwischen +0,1 bis +0,5. Im Zeitabschnitt von 24. bis 22. Stunde a.p. verändern sich die Koeffizienten sehr deutlich, schwenken in den positiven Bereich ein und variieren bis zur 3. Stunde a.p. um den Wert +1,2. Ebenso wie der Koeffizientenverlauf bei TS-Aufnahme und Fressdauer dürfte diese qualitative deutliche Veränderung für einen Vorhersage-Algorithmus bedeutend sein, um den Beginn der letzten 24 Stunden a.p. (t) und damit auch den wahrscheinlichen Abkalbezeitpunkt (=t+24 h) vorherbestimmen zu können.

4.2.3 Zeitreihenanalyse der Trockensubstanzaufnahme und des Fressverhaltens unter Berücksichtigung des Geburtsverlaufs

Zur Bestimmung des Einflusses von Schweregeburten auf die TS-Aufnahme und Merkmale des Fressverhaltens a.p. wurden die Parameter getrennt für Kühe mit normaler bzw. schwerer Abkalbung einer Strukturbruchanalyse unterzogen.

4.2.3.1 Trockensubstanzaufnahme

Die folgende Abbildung zeigt die CUSUMQ-Kurve der TS-Aufnahme der Versuchstiere innerhalb der letzten 72 Stunden a.p.

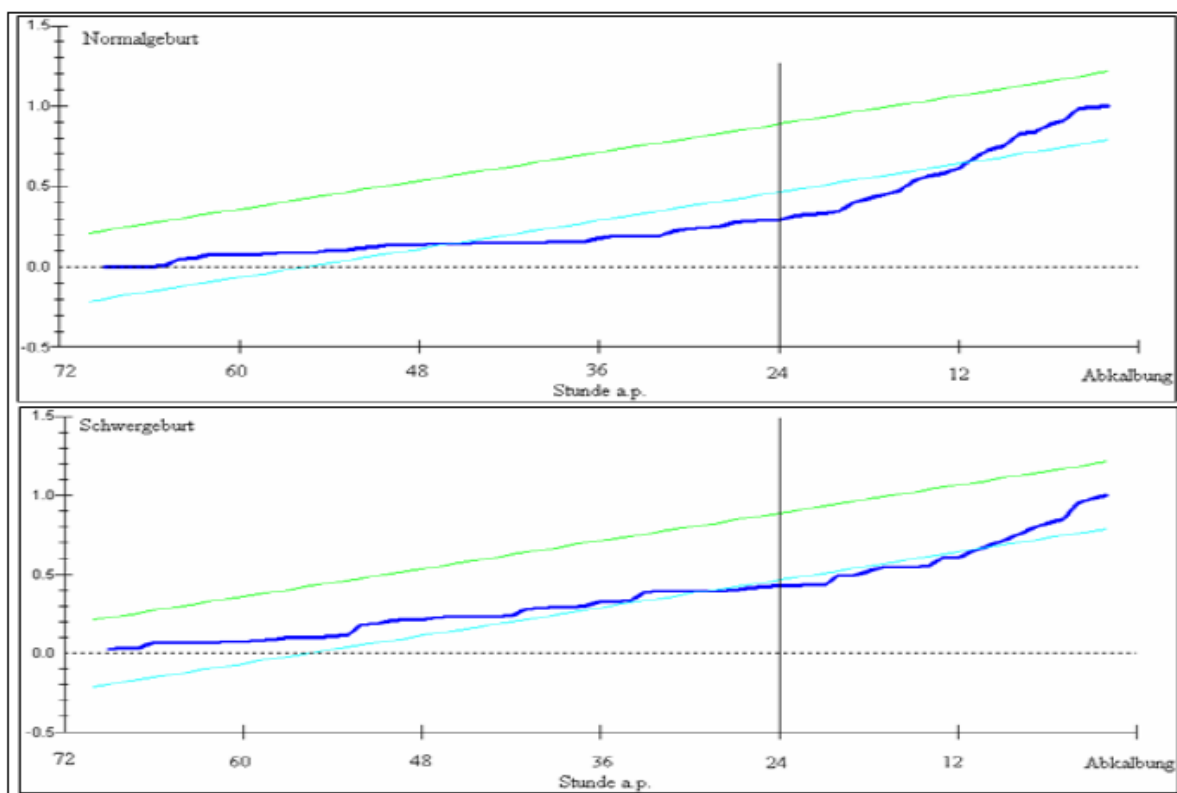


Abb. 25: CUSUMQ der TS-Aufnahme bei Versuchstieren mit Normal- und Schweregeburten

Die CUSUMQ-Kurve der TS-Aufnahme bei Schweregeburten (SG) weist einen deutlich stabileren Verlauf auf im Vergleich zu normal gebärenden Kühen (NG).

Bei SG-Kühen liegt die Kurve im wesentlichen innerhalb des 5%-Signifikanz-Niveaus, bei NG-Kühen verläuft die Kurve von der 44. Stunde a.p. bis zur 10. Stunde vor der Abkalbung

außerhalb der 5%-Grenze des Signifikanz-Niveaus. Die nächste Tabelle beinhaltet die Ergebnisse des Chow-Tests.

Tab. 11: Ergebnisse des Chow Tests zur Entwicklung der TS-Aufnahme

| Stunde a.p. | Normalgeburten | Schweregeburten |
|-----------------------|--|---|
| 72 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 10.1451 + 0.85598 Y_{(t-1)}$ | $\hat{Y}_t = 23.1286 + 0.68021 Y_{(t-1)}$ |
| 72 - 24 | $\hat{Y}_t = 120.7568 - 0.32205 Y_{(t-1)}$ | $\hat{Y}_t = 80.1296 + 0.066976 Y_{(t-1)}$ |
| 24 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = -3.2917 + 1.0029 Y_{(t-1)}$ | $\hat{Y}_t = 11.3546 + 0.71796 Y_{(t-1)}$ |
| Chow-Test | CHSQ = 80.3693[0.000] F = 40.1847 [0.000] | CHSQ = 26.1763[0.000] F = 13.0881[0.000] |

Der Chow-Test führt zu deutlich unterschiedlichen Gleichungen, Gleichungskonstanten und Koeffizienten zwischen normal und schwer gebärenden Kühen in allen berechneten Zeitbereichen.

Die nächste Abbildung zeigt die Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests der TS-Aufnahme für normal gebärende im Vergleich zu schwer gebärenden Kühen ab 72. Stunde a.p. bis zur Abkalbung.

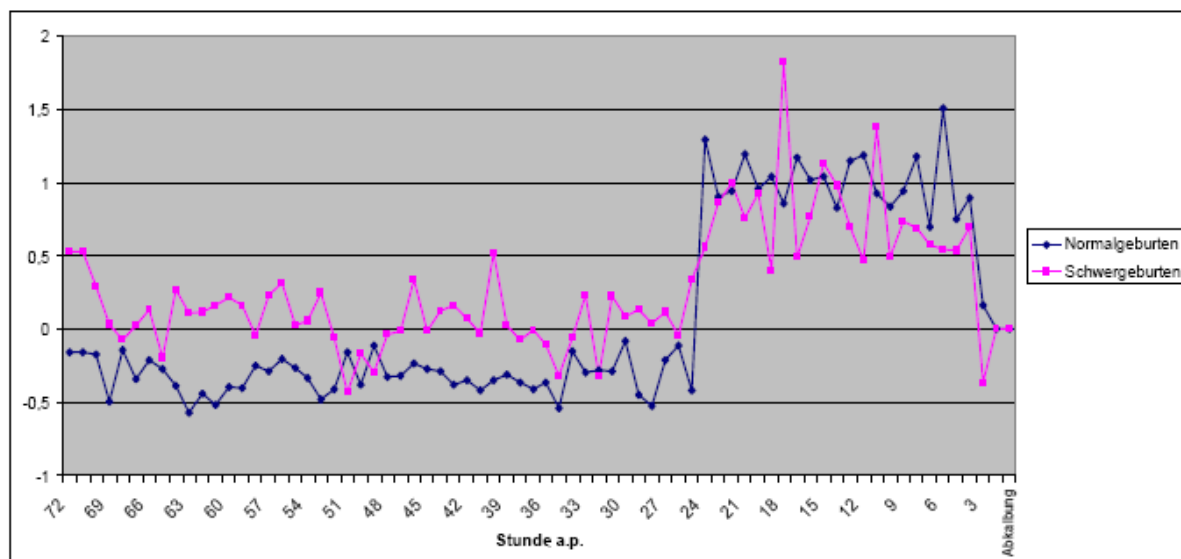


Abb. 26: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur TS-Aufnahme bei Kühen mit Normal- und Schweregeburt ab 72. Stunde a.p.

Im Bereich von 72. bis ca. 24. Stunde a.p. schwankt der Koeffizient der Regressionsgleichungen bei Normalgeburten zwischen -0,2 und -0,5. Bei schwer gebärenden Tieren variieren die Koeffizienten viel stärker, von +0,5 und -0,4, also sowohl im positiven

als auch im negativen Bereich liegend. Aus diesem unterschiedlichen Verhalten dieses Parameters können frühzeitig Rückschlüsse gezogen werden, um mögliche Schweregeburten rechtzeitig erkennen zu können.

Beide Gruppen zeigen eine sehr deutliche Änderung des Verlaufs der Regressionskoeffizienten zur 24. Stunde a.p.

Bei Normalgeburten verändern sich die Koeffizienten im Bereich von 24. bis 22. Stunde a.p. sehr deutlich und erreichen Werte im Bereich um +1,3. In den letzten 3 Stunden a.p. sank der Koeffizientenwert auf ca. +0,3.

Bei zu erwartenden Schweregeburten veränderten sich im Zeitabschnitt von 24. bis 20. Stunde a.p. die Koeffizienten sehr deutlich und schwenkten ebenfalls in den positiven Bereich, einen Wert von +1,0 erreichend. Auch in diesem Zeitabschnitt variieren die Schwankungen deutlich stärker als bei normal gebärenden Tieren. Zur 3. Stunde a.p. gehen die Werte der Koeffizienten wieder in den negativen Bereich, auf -0,4, zurück und unterscheiden sich somit sichtbar vom Verlauf dieses Koeffizienten bei Normalgeburten.

Das Biologische System der Kuh kurz vor der Abkalbung kann durch Unsicherheit, Nervosität und/oder Angst gekennzeichnet sein und es zeigte sich, dass die Kühe in dieser Situation sehr wenig fressen und sie sich offensichtlich nur unzureichend auf den Abkalbevorgang vorzubereiten vermögen. Einerseits benannte HORSTMANN (2004 zit. FORBES, 1986) niedrige Progesteronkonzentrationen als Ursache für Futteraufnahmepressionen, andererseits werden vom Endokrinium und dem zentralen Nervensystem koordinierte und regulierte Stressreaktionen im Zusammenwirken von CRF-, ACTH- und Cortisolsekretion für die Deaktivierung des Futteraufnahmeverhaltens verantwortlich gemacht (PETRUSZ u. MERCHENTHALER, 1992; INGVARTSEN u. ANDERSEN, 2000; RUCKEBUSCH u. MALBERT, 1986; ARASE et al., 1988; GLOWA u. GOLD, 1991; KRAHN et al., 1986). Auch die Hormonumstellung im geburtsnahen Zeitraum selbst kann Ursache für das Auftreten von Schweregeburten sein (O'BRIEN and STOTT, 1977). Es liegen Hinweise vor, dass insbesondere in den letzten 12 Stunden a.p. deutlich niedrigere Östradiol-17 β - und veränderte Prolaktin-Konzentrationen bei solchen Tieren festzustellen waren, denen eine

Schwergeburt bevorstand. ERB et al. (1981) brachten Stress im geburtsnahen Zeitraum eher mit schwierigen Geburten in Verbindung als mit Normalgeburten. PROUDFOOT et al. (2009) konnte bei schwerkalbenden Kühen eine deutlich geringere und am letzten Tag a.p. stark sinkende Futteraufnahme nachweisen, was mit den vorliegenden Untersuchungsergebnissen in guter Übereinstimmung steht.

4.2.3.2 . Fressdauer

In der nächsten Abbildung ist die CUSUMQ-Kurve der Fressdauer der Versuchstiere innerhalb der letzten 72 Stunden vor der Abkalbung dargestellt.

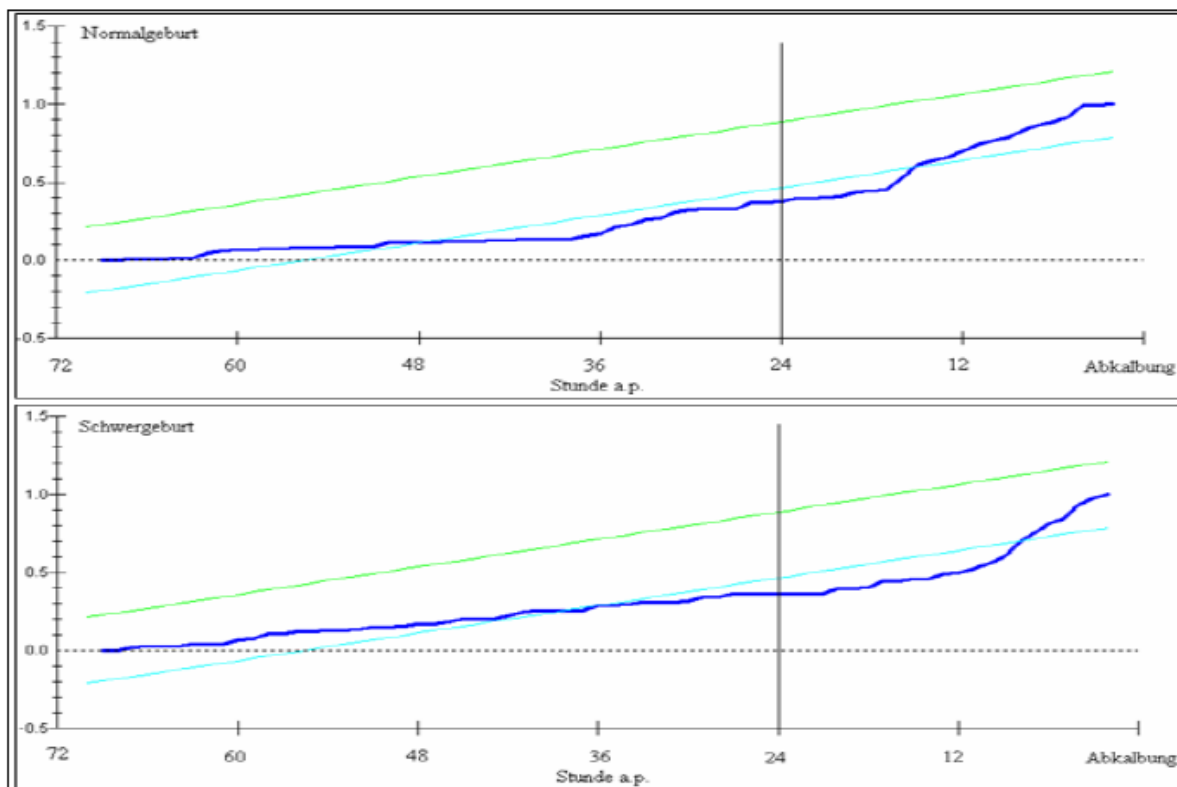


Abb. 27: CUSUMQ der Fressdauer bei Versuchstieren mit Normal- und Schweregeburten

Die CUSUMQ-Kurve der Fressdauer verläuft für beide Gruppen ähnlich, mit einem nicht stabilen Verlauf zwischen 46. und 14. Stunde a.p. bei NG-Kühen und zwischen 32. und 8. Stunde a.p. bei SG-Kühen.

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse des Chow-Tests der Fressdauer der Versuchstiere in den letzten 72 Stunden vor der Abkalbung.

Tab. 12: Ergebnisse des Chow Tests zur Entwicklung der Fressdauer

| Stunde a.p. | Normalgeburten | Schwergeburten |
|-----------------------|---|---|
| 72 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 0.54818 + 0.91320 Y_{(t-1)}$ | $\hat{Y}_t = 2.5104 + 0.64302 Y_{(t-1)}$ |
| 72 - 24 | $\hat{Y}_t = 9.9706 - 0.11995 Y_{(t-1)}$ | $\hat{Y}_t = 9.8704 - 0.20348 Y_{(t-1)}$ |
| 24 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = -0.37617 + 1.0166 Y_{(t-1)}$ | $\hat{Y}_t = 0.36767 + 0.86576 Y_{(t-1)}$ |
| Chow-Test | CHSQ = 49.6900[0.000] F = 24.8450[0.000] | CHSQ = 46.0257[0.000] F = 23.0129[0.000] |

Der Chow-Test weist unterschiedliche Gleichungen und Koeffizienten zwischen normal und schwer gebärenden Kühen auf, auch im Zeitbereich der letzten 24 Stunden vor der Abkalbung. Die nächste Abbildung zeigt die Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests der Fressdauer für normal im Vergleich zu schwer gebärenden Kühen von der 72. Stunde a.p. bis zur Abkalbung.

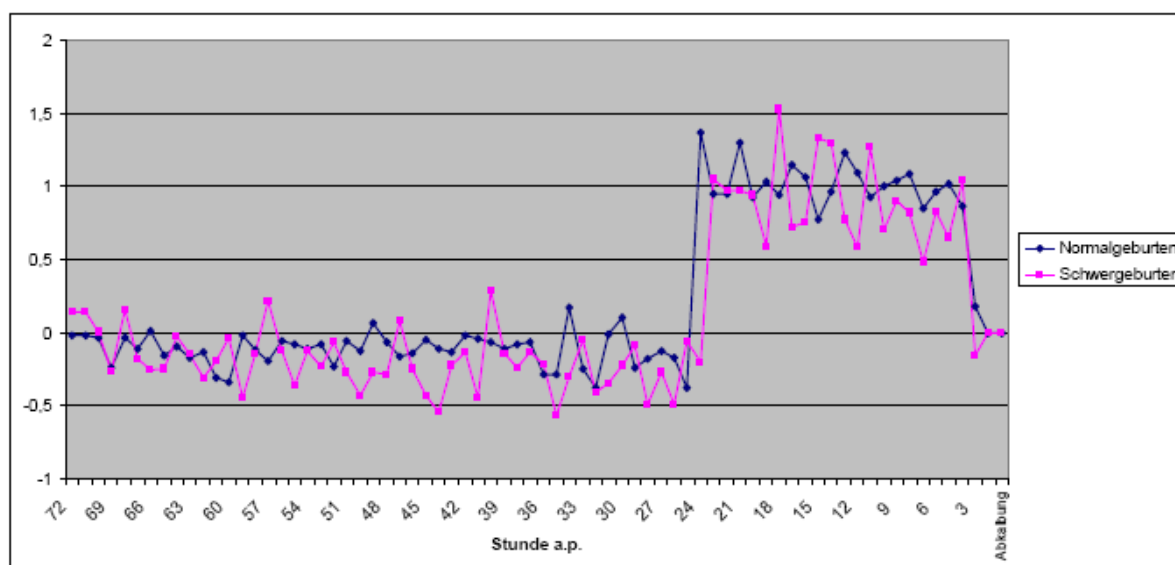


Abb. 28: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Fressdauer bei Normal- und Schweregeburts-Kühen ab 72. Stunde a.p.

Im Bereich von 72. bis ca. 24. Stunde a.p. schwankt der Koeffizient der Regressionsgleichungen bei Normalgeburten zwischen +0,2 und -0,3. Bei schwer gebärenden Tieren variieren die Koeffizienten von +0,4 und -0,5, also sowohl im positiven als auch im negativen Bereich liegend. Aus diesem ähnlichen Verhalten können keine frühzeitigen Rückschlüsse gezogen werden, um mögliche Schweregeburten frühzeitig erkennen zu können. Beide Gruppen zeigen eine sehr deutliche Änderung des Verlaufs der Regressionskoeffizienten zur 24. Stunde a.p. Bei Normalgeburten verändern sich die

Koeffizienten im Bereich von 24. bis 22. Stunde a.p. sehr deutlich und erreichen Werte im Bereich um +1,3. In den letzten 3 Stunden a.p. sank der Koeffizientenwert auf ca. +0,3. Bei zu erwartenden Schweregeburten veränderten sich im Zeitabschnitt von 24. bis 20. Stunde a.p. die Koeffizienten sehr deutlich und schwenkten ebenfalls in den positiven Bereich mit Werten von +1,0. Zur 3. Stunde a.p. gehen die Werte der Koeffizienten wieder in den negativen Bereich, auf -0,1, zurück und unterscheiden sich somit sichtbar vom Verlauf dieses Koeffizienten bei Normalgeburten.

4.2.3.3 Fressfrequenz

In der nächsten Abbildung ist die CUSUMQ-Kurve der Fressfrequenz der Versuchstiere innerhalb der letzten 72 Stunde a.p. dargestellt.

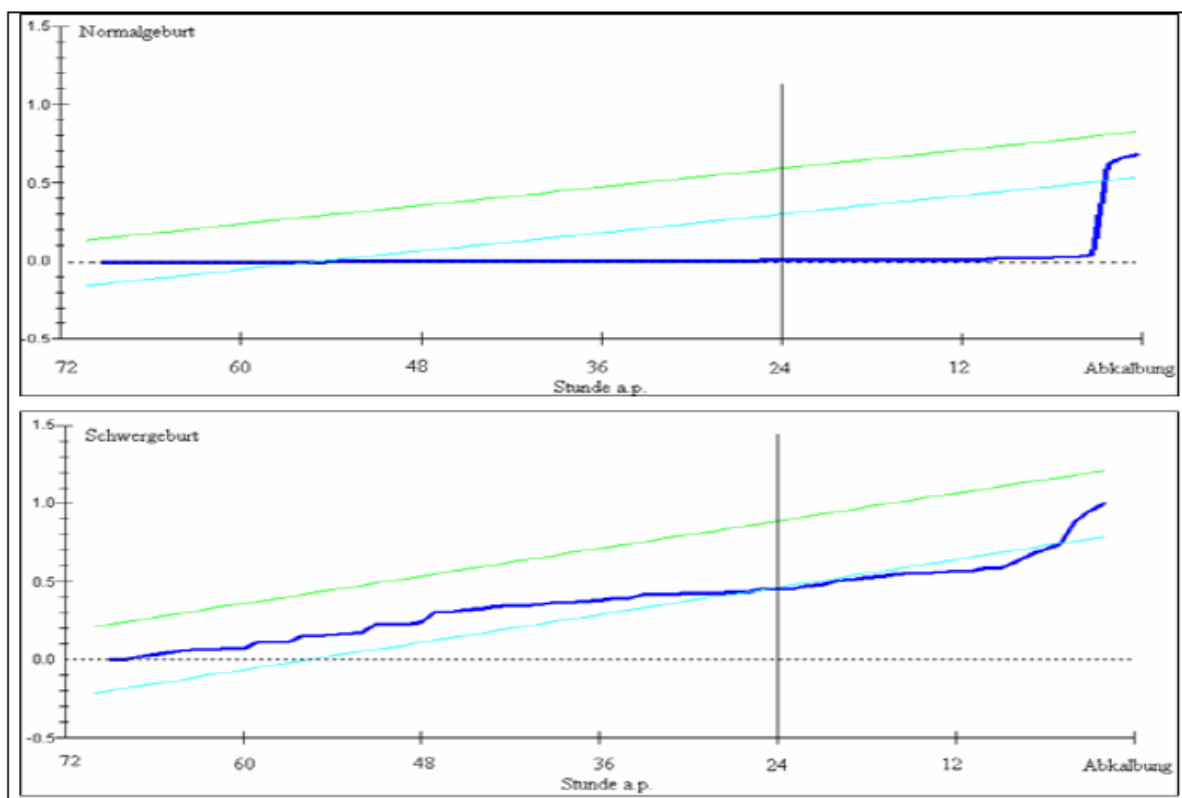


Abb. 29: CUSUMQ der Fressfrequenz bei Versuchstieren mit Normal- und Schweregeburten

Bezüglich der Bewertung der Fressfrequenz zeigen die CUSUMQ-Kurven bei normal und schwer gebärenden Kühen deutlich unterschiedliche Verlaufsmerkmale. Die Zeitdauer des nicht stationären Kurvenverlaufs unterscheidet sich und verläuft bei NG-Kühen zwischen der

50. Stunde a.p. und 4. Stunde a.p., bei SG-Kühen nur zwischen 16. Stunde a.p. und 4. Stunde des Zeitbereichs vor der Abkalbung außerhalb des 5%-Signifikanz-Bereichs.

Die folgende Tabelle beinhaltet die Ergebnisse des Chow-Tests der Fressfrequenz innerhalb der letzten 72 Stunden vor der Abkalbung.

Tab. 13: Ergebnisse des Chow-Tests zur Entwicklung der Fressfrequenz

| Stunde a.p. | Normalgeburten | Schweregeburten |
|----------------|--|---|
| 72 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = -0,14316 + 1,0563 Y_{(t-1)}$ | $\hat{Y}_t = 0,86313 + 0,53376 Y_{(t-1)}$ |
| 72 - 24 | $\hat{Y}_t = 0,088390 + 0,94870 Y_{(t-1)}$ | $\hat{Y}_t = 2,28238 - 0,08741 Y_{(t-1)}$ |
| 24 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = -0,17883 + 1,0756 Y_{(t-1)}$ | $\hat{Y}_t = 0,20862 + 0,80793 Y_{(t-1)}$ |
| Chow-Test | CHSQ = 2.1974[0.333] F = 1.0987[0.339] | CHSQ = 29.0007[0.000] F = 14.5003[0.000] |

Der Chow-Test weist deutlich unterschiedliche Gleichungen und Koeffizienten zwischen normal und schwer gebärenden Kühen auf. Bei NG-Kühen ist kein Bruch 24 Stunden a.p. festzustellen, während beim Vergleich aller Tiere war ein Bruch vorzufinden war. Bei zu erwartenden Störungen des Geburtsverlaufs ist ein deutlicher Bruch zur 24. Stunde a.p. nachweisbar. Die nächste Abbildung zeigt die Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests der Fressfrequenz für normal und schwer gebärende Kühe ab 72. Stunde a.p. bis zur Abkalbung.

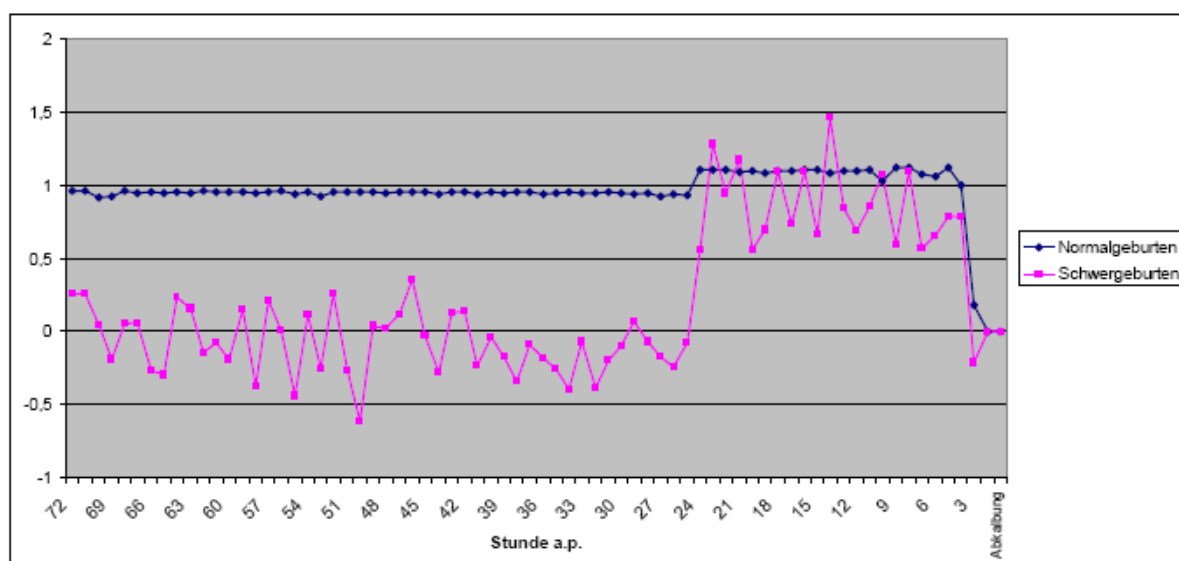


Abb. 30: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Fressfrequenz bei Normal- und Schweregeburts-Kühen ab 72. Stunde a.p.

Im Bereich von 72. bis ca. 24. Stunde a.p. verläuft der Koeffizient der Regressionsgleichungen bei Normalgeburten stabil im Bereich um +1,0. In den letzten 3 Stunden a.p. sank der Koeffizientenwert auf ca. Null. Bei schwer gebärenden Tieren variieren die Koeffizienten viel stärker, zwischen +0,4 und -0,6, also sowohl im positiven als auch im negativen Bereich liegend. Aus diesem unterschiedlichen Verhalten des Parameters können frühzeitig Rückschlüsse gezogen werden, um mögliche Schwergeburten erkennen zu können.

Beide Gruppen zeigen eine sehr deutliche Änderung des Verlaufs der Regressionskoeffizienten zur 24. Stunde a.p.

Bei zu erwartenden Schwergeburten veränderten sich im Zeitabschnitt von 24. bis 20. Stunde a.p. die Koeffizienten sehr deutlich und stiegen in den positiven Bereich, einen Wert von +1,2 erreichend. Auch in diesem Zeitabschnitt variieren die Schwankungen deutlich stärker als bei normal gebärenden Tieren. Zur 3. Stunde a.p. gehen die Werte der Koeffizienten wieder in den negativen Bereich, auf -0,1, zurück und unterscheiden sich somit sichtbar vom Verlauf dieses Koeffizienten bei Normalgeburten.

4.3 Wasseraufnahme und Merkmale des Trinkverhaltens

4.3.1 Verlauf der Parameter im Zeitraum vom 7. Tag a.p. bis zum Tag der Abkalbung sowie stundenweiser Verlauf in den letzten 72 Stunden a.p.

Die Darstellung der Parameter Wasseraufnahme und Trinkverhalten (Frequenz und Dauer) wurde unter zwei Aspekten vorgenommen:

1. Übersicht der Durchschnittswerte aller Tiere in Form des Tagesmittelwertes über den Verlauf der letzten 7 Tage a.p., getrennt nach Kühen und Färsen
2. Differenzierung der Messergebnisse auf den Mittelwert pro Stunde berechnet für den Zeitabschnitt ab 72. Stunde a.p. bis zum Abkalbezeitpunkt.

4.3.1.1 Wasseraufnahme

In der nachfolgenden Abbildung 31 wurde der Verlauf der Wasseraufnahme der Färsen und Kühe innerhalb der letzten 7 Tage vor der Abkalbung dargestellt.

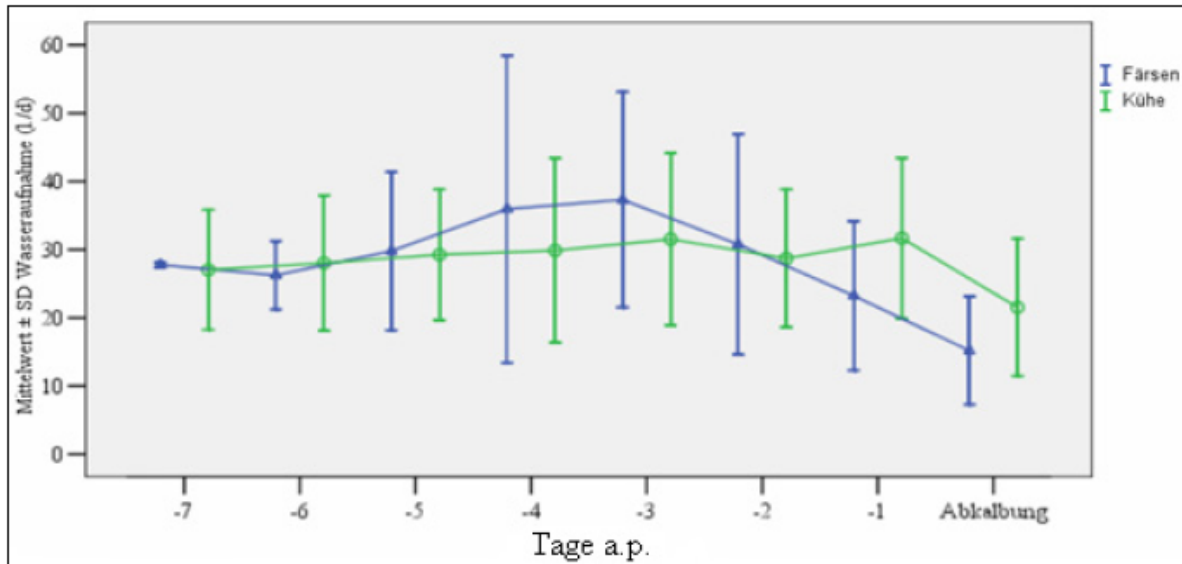


Abb. 31: Verlauf der Wasseraufnahme pro Tag bei Färsen und Kühen vom 7. Tag a.p. bis zur Abkalbung

Bei den Färsen stieg die Wasseraufnahme von $28 \pm 0,4$ l am 7. Tag bis auf $37 \pm 15,8$ l am 3. Tag vor der Abkalbung, sank danach ab und erreichte am Tag der Abkalbung mit 15 l einen Tiefpunkt. Für die Kühe war am 7. Tag a.p. eine Tränkwasseraufnahme von $27 \pm 8,8$ l zu verzeichnen, bis zum 1. Tag a.p. in einem Bereich zwischen 27 bis 30 l verlaufend, absinkend am Tag der Abkalbung auf 21 ± 10 l. Die folgende Abbildung demonstriert den Verlauf der Wasseraufnahme in den letzten 72 Stunden vor der Geburt.

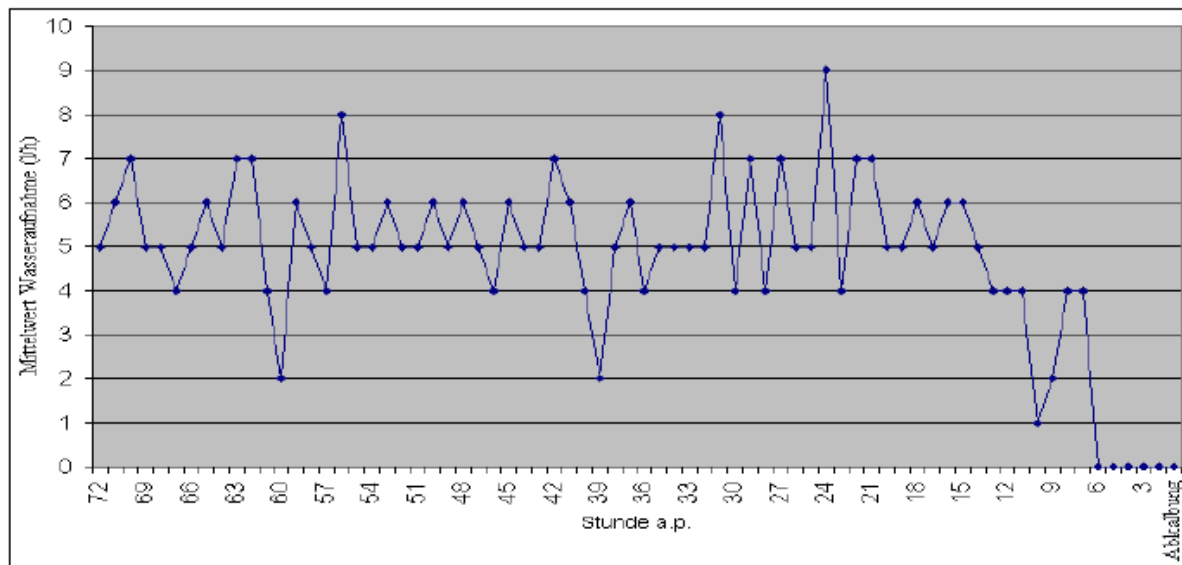


Abb. 32: Wasseraufnahme pro Stunde aller Versuchstiere ab 72. Stunde a.p

Die maximale Ausgehend von einer durchschnittlichen Wasseraufnahme war zwischen der 70.-72. Stunde a.p. in Höhe von $7 \pm 4,8$ l erreichte diese zwischen 22.-24. Stunde vor der Abkalbung einen Bereich von $9 \pm 2,7$ l und sank dann zur Abkalbung hin deutlich ab.

Aus Abbildung 32 wird auch deutlich, dass keine Wasseraufnahme von Milchkühen in den letzten sechs Stunden vor der Geburt zu registrieren war. Zwischen der 7. und 9. Stunde vor der Geburt haben nur 17 Tiere von insgesamt 59 (entspricht 29 %) die Tränke besucht und dabei Wasser aufgenommen, davon 2 Färsen etwa $3 \pm 1,1$ l und die Kühe $3 \pm 2,6$ l.

Die Ergebnisse der Wasseraufnahme stimmen mit den Messwerten von BAHR (2006) überein. Sie hat festgestellt, dass die aufgenommene Wassermenge pro Mutterkuh und Tag im Untersuchungszeitraum (14 Tage a.p. bis 14 Tage p.p.) zwischen 13,5 l und 28,9 l lag und zwischen dem 14. Tag a.p. und dem 2. Tage a.p. sich in einem Bereich von durchschnittlich 18,4 bis 26,4 l bewegte. Am Tag der Abkalbung sank die Wasseraufnahme deutlich auf eine durchschnittliche Tränkwassermenge von ca. 13,5 l.

In der Regel wird für die Ermittlung des täglichen Bedarfs an Trinkwasser Bezug genommen auf die tägliche Trockenmasseaufnahme. Dabei wird in Ansatz gebracht, dass Milchkühe eine durchschnittliche Wasserbedarfsmenge von 3,5 bis 4,0 l (NERGE, 2004) bzw. 4,0-6,0 l (NEUMANN, 2004) pro kg Trockenmasse aufnehmen. Dieser Wertebereich findet in den

vorliegenden Untersuchungen seine Bestätigung, wobei in der Woche ante partum ein Wert von ca. 4 l Wasseraufnahme je kg TS-Aufnahme zu kalkulieren wäre. Im Falle der stoffwechselabhängigen Futteraufnahme-depression am letzten Tag a.p. tendiert der Wasserbedarf dann in Richtung 6 l je kg TS-Aufnahme und kommt dann, ähnlich der Futteraufnahme ganz zum Erliegen.

Angaben von HOLTER und URBAN (1992) zufolge nehmen Kühe, die in der Trockenstehperiode stehen, ca. 36,3 l Wasser pro Tag auf. Aus Untersuchungen an israelischen Holsteinkühen ist zu entnehmen, dass die Wasseraufnahme in den letzten zwei Wochen vor der Abkalbung im Durchschnitt Werte von 36,2 l/d (SILANIKOVE et.al., 1997) erreichte. Hinsichtlich der Veränderungen im Laufe der Transitperiode berichteten OSBORNE et al. (2002) von einer Wasseraufnahme in Höhe von 57 l/d in der letzten Woche vor der Abkalbung, während MALTZ et al. (1994) einen Durchschnittswert für die letzten zwei Wochen a.p. von 50 l/d angaben.

4.3.1.2 Trinkdauer

In der Abbildung 33 wird ein Überblick über den Verlauf der Trinkdauer der Färsen und Kühe innerhalb der letzten 7 Tage vor der Abkalbung gegeben.

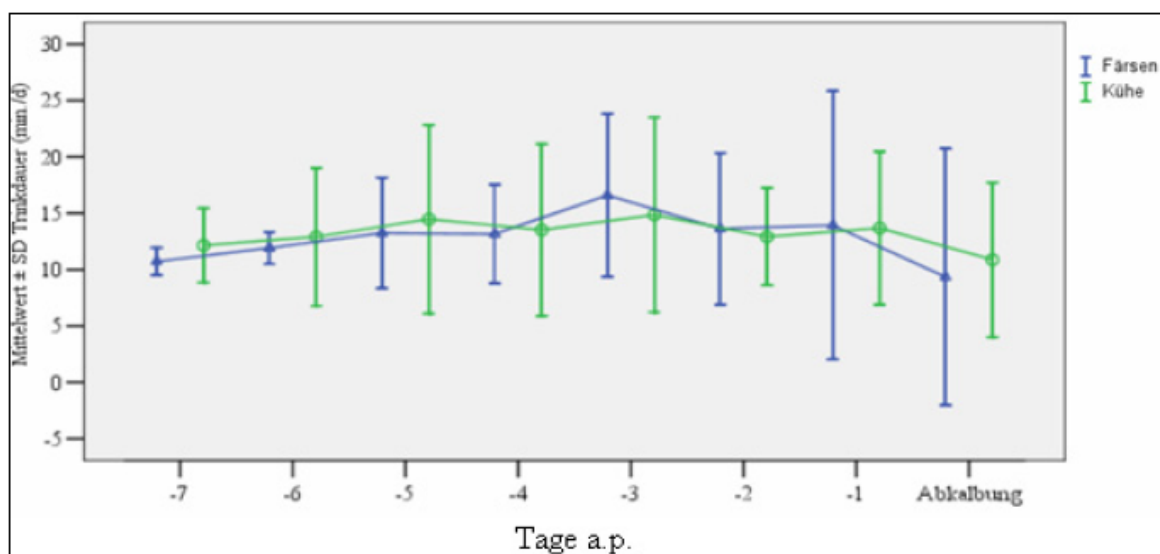


Abb. 33: Verlauf der Trinkdauer pro Tag bei Färsen und Kühen vom 7. Tag a.p. bis zur Abkalbung

Aus dieser Abbildung wird ersichtlich, dass der Mittelwert der Trinkdauer der Färsen von ca. $11 \pm 1,2$ min am 7. Tag a.p. bis zu $17 \pm 7,2$ min am 3. Tag a.p. anstieg und danach auf $9 \pm 11,3$ min am Tag der Abkalbung sank. Dies stimmt mit dem Verlauf der täglich aufgenommenen Tränkwassermenge überein. Der Mittelwert der Trinkdauer bei Kühen ab 2. Laktation war höher als bei den Färsen und dieser lag am 7. Tag a.p. bei $12 \pm 3,3$ min und am Tag der Abkalbung bei $11 \pm 6,9$ min. Vom 3. Tag a.p. bis zur Abkalbung verringerte sich die Trinkdauer bei den Färsen um ca. 47 % und die Trinkdauer der Kühe sank um ca. 27 % im selben Zeitraum. Die Messwerte der Trinkdauer unterlagen einer großen Streubreite. Der Maximalwert betrug 52 min, gemessen bei Färsen einen Tag vor der Abkalbung und bei Kühen am 3. Tag vor der Abkalbung. Am Tag der Abkalbung wurde sowohl der tiefste (0,52 min) als auch der höchste Wert (47,0 min) bei den Färsen festgestellt.

Die nächste Abbildung zeigt den Verlauf der Trinkdauer in Minuten pro Stunde in den letzten 72 Stunden vor der Abkalbung.

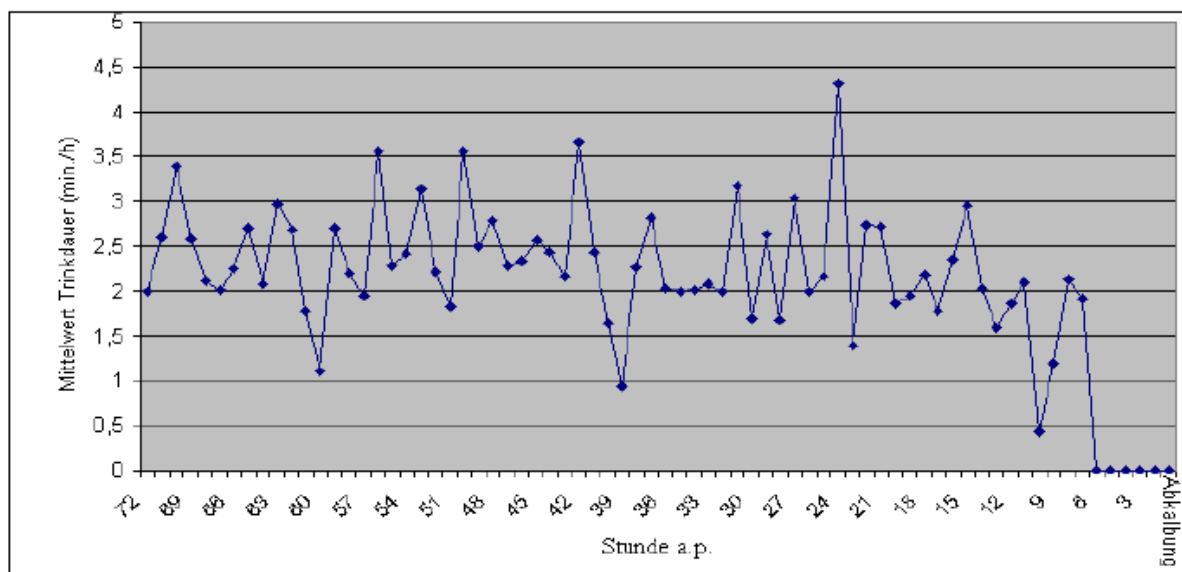


Abb. 34: Trinkdauer pro Stunde aller Versuchstiere ab 72. Stunde a.p.

Die Abbildung 34 bringt zum Ausdruck, dass die durchschnittliche Trinkdauer im Bereich von ca. 2,09 min/h lag, beginnend bei 2 min/h im Abschnitt 70.-72. Stunde a.p. Danach sank die Trinkdauer kontinuierlich ab und erreichte ca. 1,7 min/h in der 6. bis 9. Stunde vor der Geburt.

4.3.1.3 Trinkfrequenz

Die durchschnittliche tägliche Trinkfrequenz der Färsen und der Kühe ist der Abbildung 35 zu entnehmen.

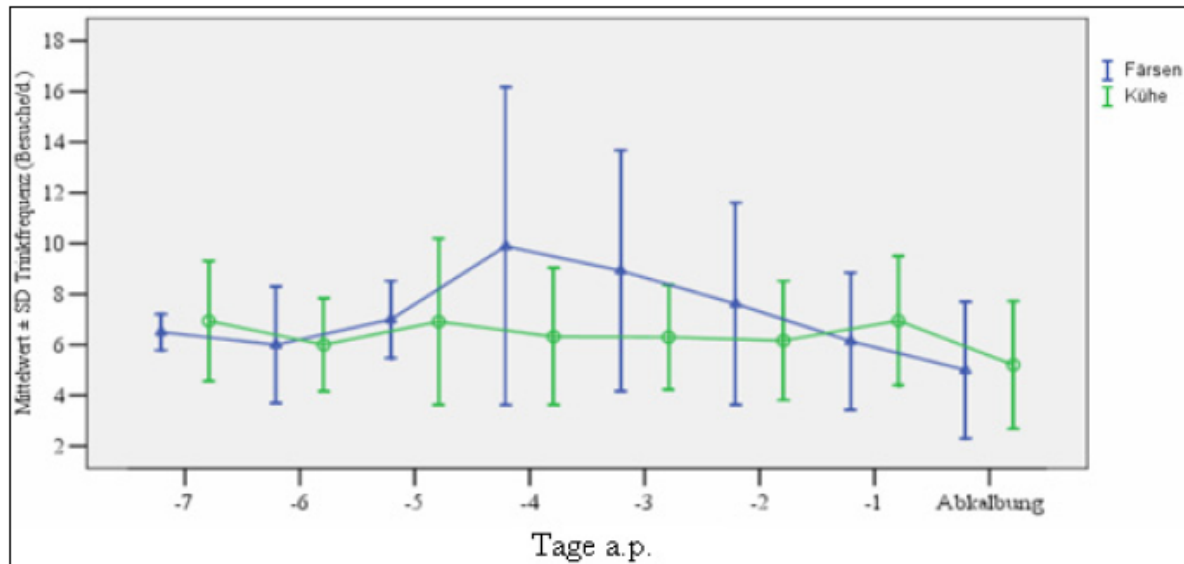


Abb. 35: Verlauf der Trinkfrequenz pro Tag bei Färsen und Kühen vom 7. Tag a.p. bis zur Abkalbung

Zu Beginn (7. bis 5. Tag a.p.) und am Ende der Messungen (1. Tag a.p., Tag der Abkalbung) wurde bei Färsen und Kühen kein Unterschied im Mittelwert der täglichen Trinkfrequenz ermittelt. Die Färsen hatten im Durchschnitt ca. 7-mal die Tränke zwischen 7. und 5. Tag a.p. besucht. Am 4. Tag a.p. war der Mittelwert signifikant auf $10 \pm 6,2$ gestiegen. Am Tag der Abkalbung war die Trinkfrequenz auf $5 \pm 2,7$ Besuche/d gesunken. Der Mittelwert der Kühe lag am 7. Tag a.p. bei $7 \pm 2,4$ -mal und fiel kontinuierlich bis zum Tag der Abkalbung auf $5 \pm 2,5$ ab.

Die nachfolgende Abbildung zeigt den Verlauf der Trinkfrequenz in den letzten 72 Stunden vor der Abkalbung.

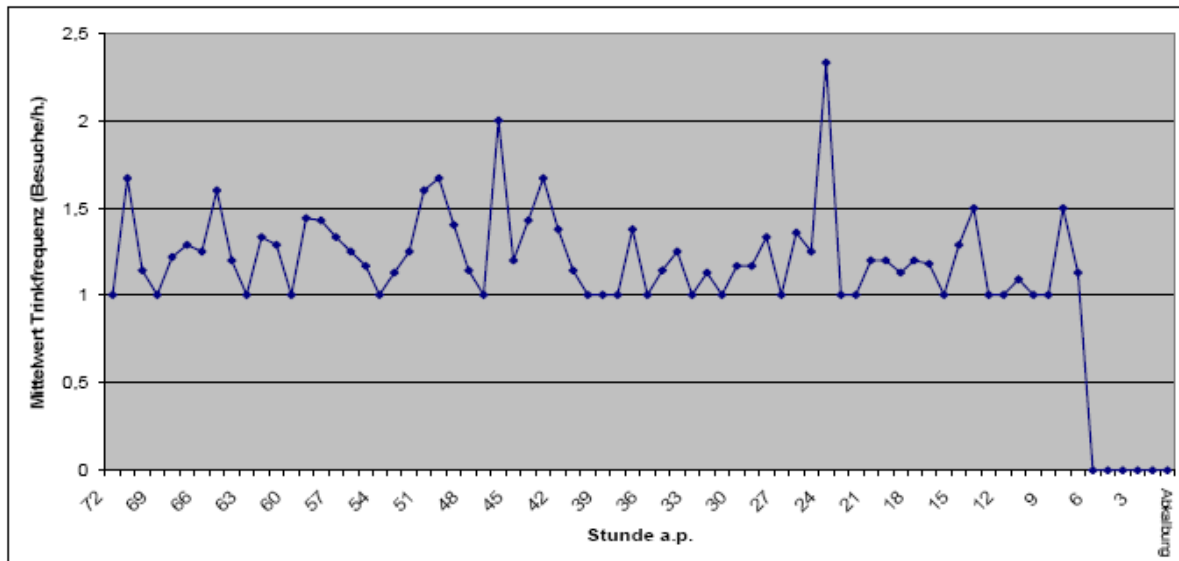


Abb. 36: Trinkfrequenz pro Stunde aller Versuchstiere ab 72. Stunde a.p.

Aus Abbildung 36 ist ersichtlich, dass die durchschnittliche Trinkfrequenz über 72 Stunden vor der Abkalbung im Bereich von ca. 1,13-mal/h angesiedelt war, beginnend bei 1,6 mal/h im Abschnitt 70.-72. Stunde a.p. Danach sank die Trinkfrequenz kontinuierlich ab und erreichte ca. 1,2-mal/h in der 6. bis 8. Stunde vor der Geburt.

In der Literatur existieren kaum Forschungen über das Trinkverhalten der Milchkühe (HUZZEY et. al, 2005), insbesondere bezogen auf die bedeutsame Phase der Transitperiode. Das Trinkverhalten ist im Allgemeinen mit der Fütterung und dem Melken assoziiert. Untersuchungen von HUZZEY et. al (2005) zufolge hatten Holstein-Kühe in den letzten zehn Tagen vor der Abkalbung im Durchschnitt 6,6-mal/d die Tränke besucht und sie waren durchschnittlich 5,5 min/d an der Tränke verblieben. Um einen orientierenden Vergleich zu ermöglichen, sei darauf verwiesen, dass, getrennt nach Jungkühen und Kühen ab 2. Laktation (Holstein Frisien), DADO und ALLEN (1994) für die ersten 63 Laktationstage im Durchschnitt 13 bzw. 14,9 Besuche an der Tränke und 17,7 bzw. 19,1 Minuten Trinkdauer ermittelten - bei einer Verdopplung der aufgenommenen Trinkwassermenge im Vergleich zur antepartalen Phase.

Nach Angaben von BAHR (2006) variierte in der Zeit zwischen 14. bis 2. Tag a.p. die Anzahl der Tränkebesuche bei Mutterkühen zwischen 3,0 und 4,4 Besuchen pro Tag. Nach der Abkalbung erhöhten sich die Mittelwerte auf 3,5 bis 4,7 Besuche. Am Abkalbetag suchten die Mutterkühe im Durchschnitt die Tränke 3,0-mal auf. Werthöhe und Werteverlauf der

Trinkfrequenz bei Mutterkühen stehen in guter Übereinstimmung mit den Resultaten der vorliegenden Arbeit.

Der Kurvenverlauf über die 72 Stunden a.p. weist insgesamt hohe Schwankungen zwischen den einzelnen Stunden bzw. Auswertungsabschnitten auf. Das ist im Wesentlichen als ein Anzeichen für eine stündlich stark variierende Wasseraufnahme zu werten. Dass in den letzten sechs Stunden vor Abkalbebeginn bei keinem Tier Aktivitäten zur Wasseraufnahme zu beobachten waren, wäre als wichtiger Anhaltspunkt zur Vorhersage des Abkalbezeitpunktes zu betrachten.

4.3.2 Zeitreihenanalyse für die Wasseraufnahme und das Trinkverhalten

4.3.2.1 Wasseraufnahme

Die folgende Abbildung zeigt die CUSUMQ-Kurve und die Ergebnisse des Chow-Tests der Wasseraufnahme der Versuchstiere innerhalb der letzten 72 Stunden a.p.

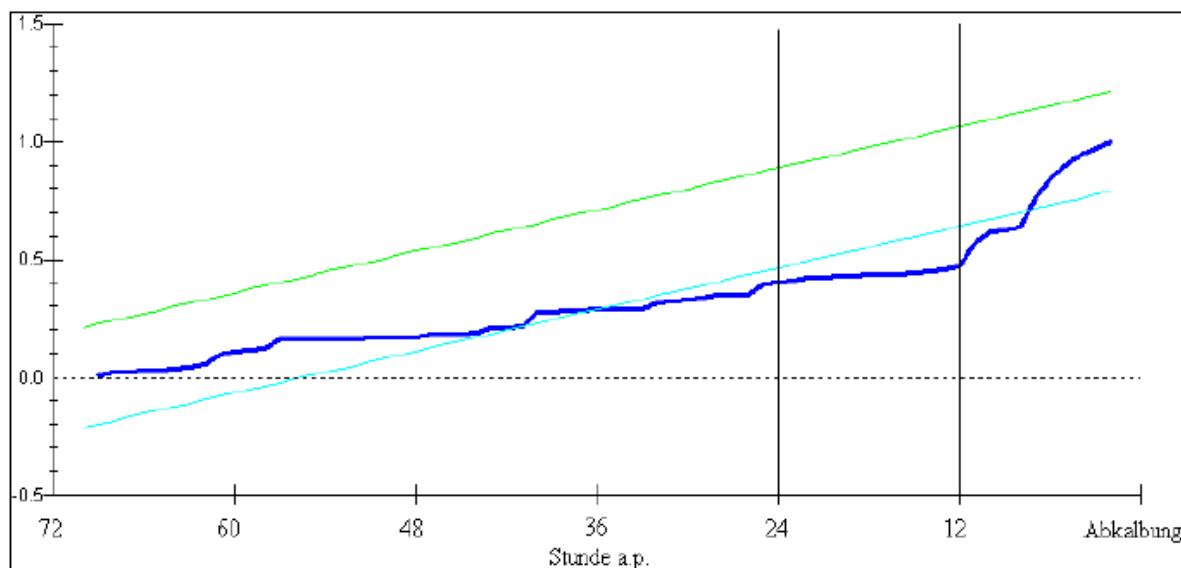


Abb. 37: CUSUMQ der Wasseraufnahme der Versuchstiere

Die CUSUMQ-Kurve der Wasseraufnahme liegt von der 72. Stunde a.p. bis zur 36. Stunde a.p. und in den letzten sechs Stunden vor der Abkalbung innerhalb des 5%-Signifikanz-Bereichs. Zwischen 36. und 6. Stunde a.p. verlässt die Kurve den Bereich des 5 %-

Signifikanz-Niveaus und lässt damit einen deutlichen Bruch im Verlauf der Wasseraufnahme erkennen.

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse des Chow-Tests der Wasseraufnahme innerhalb der letzten 72 Stunden vor der Abkalbung.

Tab. 14: Funktionsbeschreibung und Chow-Test der Wasseraufnahme

| Stunde a.p. | Regressionsgleichung | P-Werte |
|-----------------------|---|------------------------|
| 72 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 2,0951 + 0,54911 Y_{(t-1)}$ | |
| 72 - 24 | $\hat{Y}_t = 5,9664 - 0,13072 Y_{(t-1)}$ | CHSQ = 23,8100 [0,000] |
| 24 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 0,75348 + 0,74693 Y_{(t-1)}$ | F = 11,9050 [0,000] |
| 24 - 12 | $\hat{Y}_t = 7,1649 - 0,30569 Y_{(t-1)}$ | CHSQ = 16,7154 [0,000] |
| 12 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 0,37542 + 0,56706 Y_{(t-1)}$ | F = 8,3577 [0,002] |

Aus den Ergebnissen des Chow-Tests geht ein Bruch zur 24. Stunde a.p. sowie 12. Stunde a.p. hervor. Über die Kopplung der aufzunehmenden Trinkwassermenge an den Futterverzehr scheint eine Voraussetzung gegeben zu sein, dass analog zum Fressverhalten auch Verhaltensmerkmale der Wasseraufnahme stoffwechsel-physiologischen Regelvorgängen ausgesetzt sind, im Sinne eines Bruchs des Verhaltensverlaufs zur 24. Stunde a.p.

In der nachfolgenden Abbildung ist der Verlauf der Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests für die Wasseraufnahme in den letzten 72 Stunden vor der Abkalbung dargestellt.

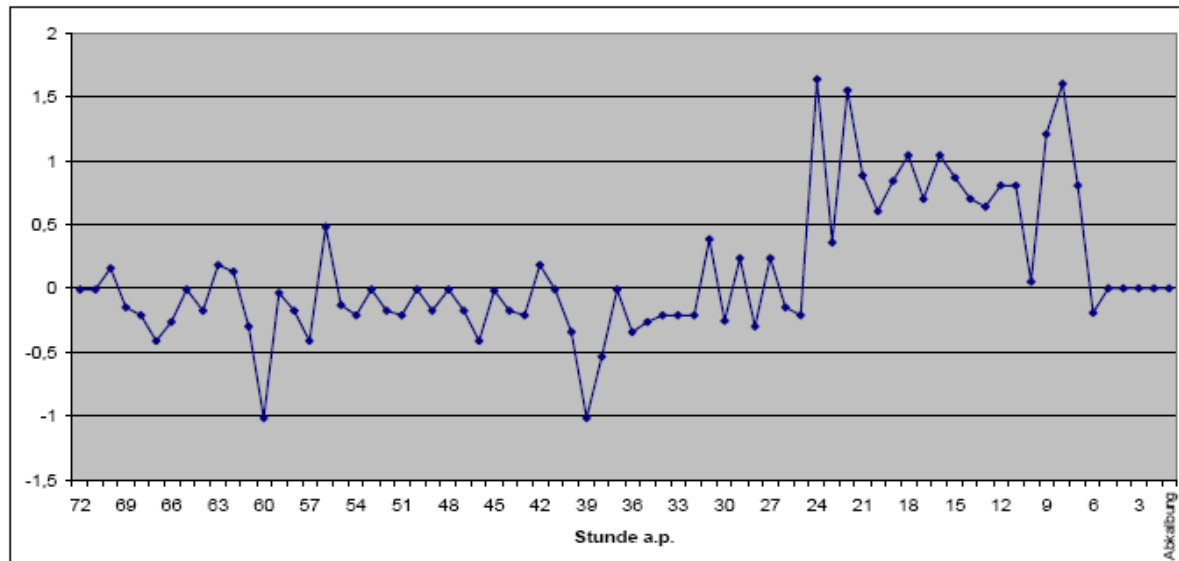


Abb. 38: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Wasseraufnahme ab 72. Stunde a.p.

Im Zeitbereich von 72. bis ca. 24. Stunde a.p. variieren die Koeffizienten der Regressionsgleichungen geringfügig im Bereich zwischen +0,5 bis -1,0. Im Zeitabschnitt von 24. bis 22. Stunde a.p. verändern sich die Koeffizienten sehr deutlich, gehen in den positiven Bereich über und variieren bis zur 6. Stunde a.p. um den Wert +1,5. Da die Koeffizienten sowohl den Trendverlauf als auch die Größenordnung der Veränderung von einer Stunde zur nächsten Stunde beschreiben, dürften für einen Vorhersage-Algorithmus diese qualitativ deutlichen Veränderungen von Bedeutung sein, um den Beginn der letzten 24 Stunden a.p. (t) und damit auch den wahrscheinlichen Abkalbezeitpunkt ($=t+24$ h) vorherbestimmen zu können.

4.3.2.2 Trinkdauer

Die folgende Abbildung gibt die CUSUMQ-Kurve und die Ergebnisse des Chow-Tests der Trinkdauer der Versuchstiere im Verlauf der letzten 72 Stunden a.p. wieder.

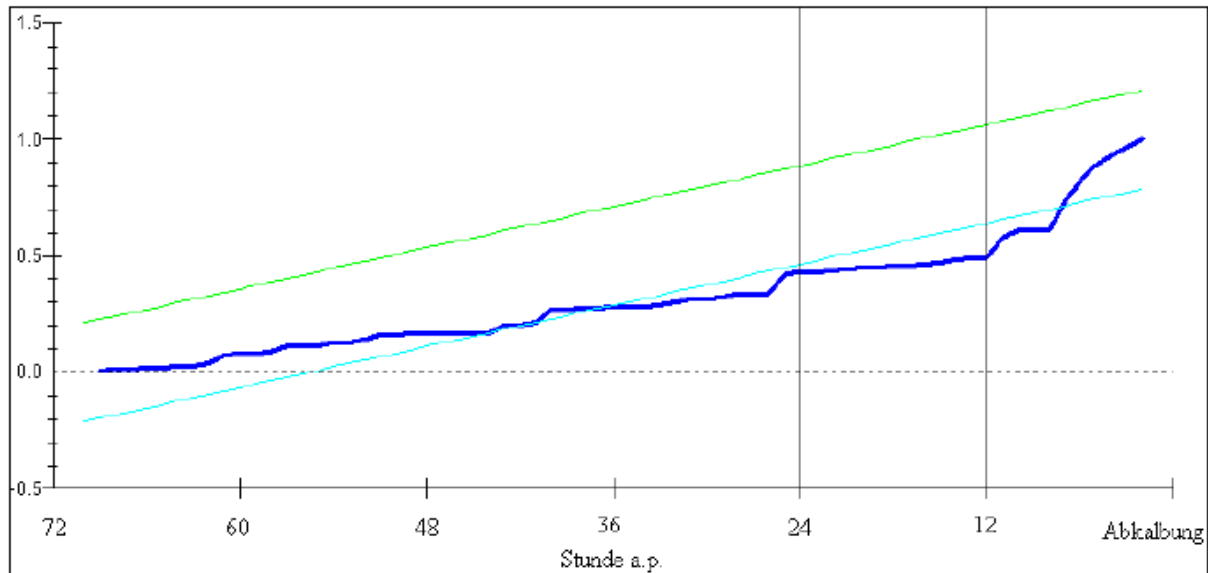


Abb. 39: CUSUMQ der Trinkdauer der Versuchstiere

Die CUSUMQ-Kurve der Trinkdauer liegt von der 72. Stunde a.p. bis zur 34. Stunde a.p. und in den letzten sechs Stunden vor der Abkalbung innerhalb des 5%-Signifikanz-Bereichs, aber zwischen 34. und 6. Stunde a.p. außerhalb und weist einen deutlichen Bruch im Verlauf der Trinkdauer innerhalb des Beobachtungszeitraums auf.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Ergebnisse des Chow-Tests der Trinkdauer innerhalb der letzten 72 Stunden vor der Abkalbung.

Tab. 15: Funktionsbeschreibung und Chow-Test der Trinkdauer

| Stunde a.p. | Regressionsgleichung | P-Werte |
|-----------------------|---|------------------------|
| 72 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 1,0858 + 0,47602 Y_{(t-1)}$ | |
| 72 - 24 | $\hat{Y}_t = 2,5492 - 0,075311 Y_{(t-1)}$ | CHSQ = 15,9419 [0,000] |
| 24 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 0,58483 + 0,59171 Y_{(t-1)}$ | F = 7,9709 [0,001] |
| 24 - 12 | $\hat{Y}_t = 3,1036 - 0,33815 Y_{(t-1)}$ | CHSQ = 14,1457 [0,001] |
| 12 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 13,1970 + 0,55561 Y_{(t-1)}$ | F = 7,0729 [0,004] |

Der Chow-Test weist Brüche zur 24. und 12. Stunde a.p. aus.

In der nachfolgenden Abbildung ist der Verlauf der Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests für die Trinkdauer in den letzten 72 Stunden vor der Abkalbung dargestellt.

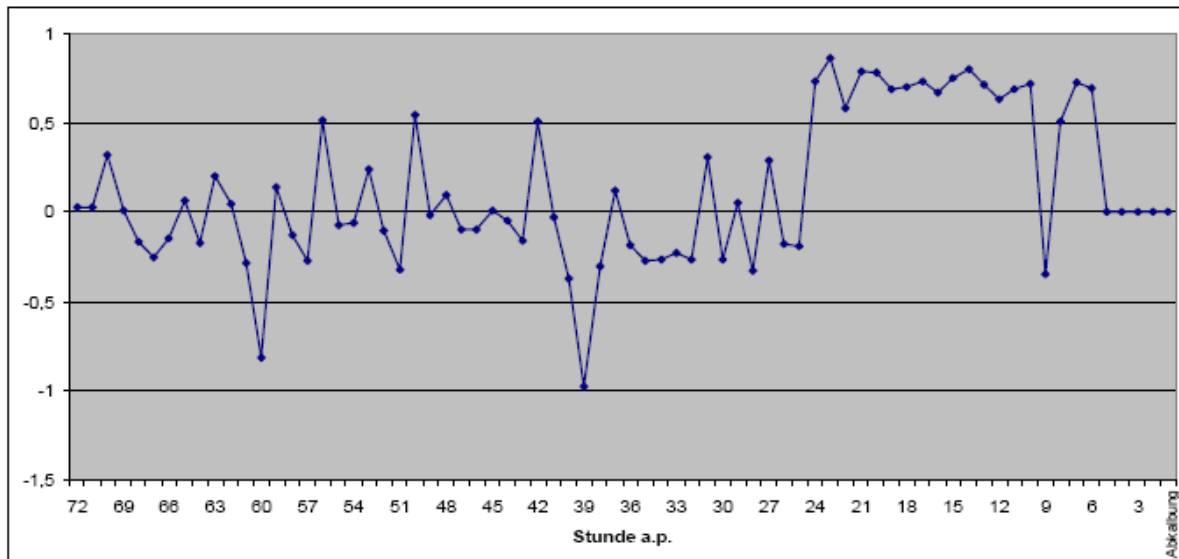


Abb. 40: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Trinkdauer ab 72. Stunde a.p.

Im Zeitbereich von 72. bis ca. 24. Stunde a.p. variieren die Koeffizienten der Regressionsgleichungen im Bereich zwischen $+0,5$ bis $-1,0$. Im Zeitabschnitt von 24. bis 22. Stunde a.p. verändern sich die Koeffizienten deutlich, schwenken in den positiven Bereich ein und variieren bis zur 6. Stunde a.p. um den Wert $+0,8$. Für einen Vorhersage-Algorithmus kann diese deutlich erkennbare Veränderung dennoch nicht nutzbar sein, da die großen Amplituden des Kurvenverlaufs der Koeffizienten eine mathematisch-statistische Abgrenzung benachbarter Werte stark beeinträchtigen dürften.

4.3.2.3 Trinkfrequenz

Die Abbildung 41 zeigt die CUSUMQ-Kurve und die Ergebnisse des Chow-Tests der Trinkfrequenz der Versuchstiere innerhalb der letzten 72 Stunden a.p.

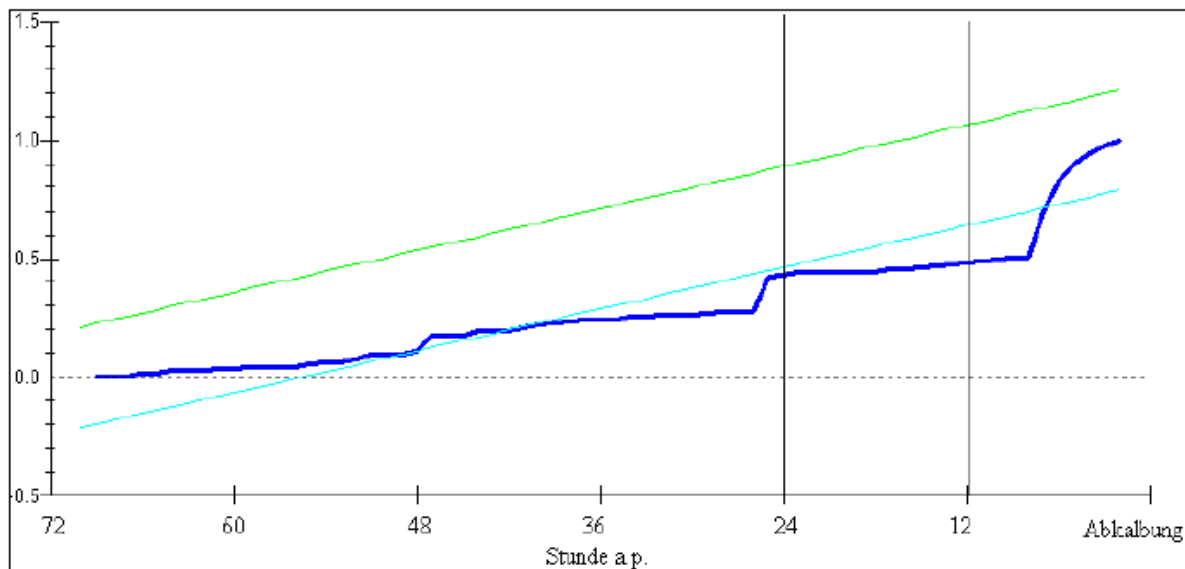


Abb. 41: CUSUMQ der Trinkfrequenz der Versuchstiere

Die CUSUMQ-Kurve der Trinkfrequenz verläuft von der 72. Stunde a.p. bis zur 38. Stunde a.p. und in den letzten sechs Stunden vor der Abkalbung innerhalb des 5%-Signifikanz-Niveaus und zwischen 36. und 6. Stunde a.p. außerhalb. Es zeigt sich ein deutlicher Bruch im Verlauf der Trinkfrequenz innerhalb des Beobachtungszeitraums.

Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse des Chow-Tests der Trinkfrequenz innerhalb der letzten 72 Stunden vor der Abkalbung.

Tab. 16: Funktionsbeschreibung und Chow-Test der Trinkfrequenz

| Stunde a.p. | Regressionsgleichung | P-Werte |
|-----------------------|--|------------------------|
| 72 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 0.40680 + 0.63356 Y_{(t-1)}$ | |
| 72 - 24 | $\hat{Y}_t = 1.17327 + 0,062445 Y_{(t-1)}$ | CHSQ = 12,5703 [0,002] |
| 24 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 0.216542 + 0,71970 Y_{(t-1)}$ | F = 6,2852 [0,003] |
| 24 - 12 | $\hat{Y}_t = 1,3652 - 0,10549 Y_{(t-1)}$ | CHSQ = 9,5297 [0,009] |
| 12 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 0,036233 + 0,81415 Y_{(t-1)}$ | F = 4,7648 [0,020] |

Dem Chow-Test ist ein Bruch sowohl zur 24. als auch zur 12. Stunde a.p. zu entnehmen. Abschließend ist festzustellen, dass alle Parameter des Trinkverhaltens in gleicher Weise sensibel zur 24. Stunde a.p. reagieren und im Sinne eines Strukturbruchs im Kurvenverlauf diese Verhaltensparameter genutzt werden können, um den Abkalbezeitpunkt vorhersagen zu können.

In der nachfolgenden Abbildung ist der Verlauf der Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests für die Trinkfrequenz innerhalb der letzten 72 Stunden vor der Abkalbung dargestellt.

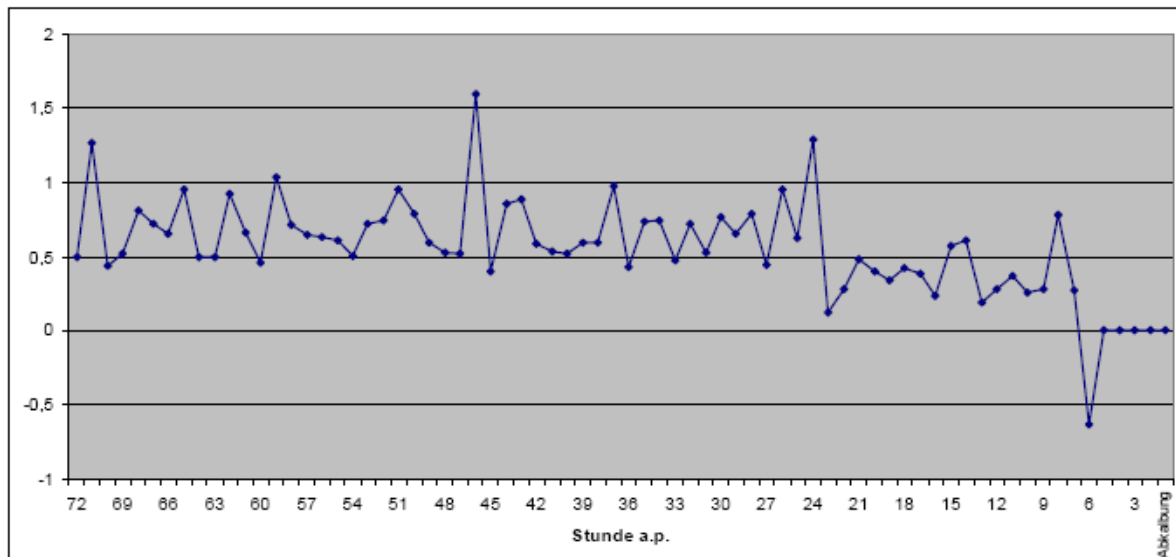


Abb. 42: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Trinkfrequenz ab 72. Stunde a.p.

Im Zeitbereich von 72. bis ca. 24. Stunde a.p. variieren die Koeffizienten der Regressionsgleichungen geringfügig im Bereich um +0,5. Im Zeitabschnitt von 24. bis 21. Stunde a.p. verändern sich die Koeffizienten deutlich auf Werte im Bereich von +0,1. Ab 9. Stunde a.p. fallen die Koeffizienten auf Werte bis -0,6. Für einen Vorhersage-Algorithmus dürften diese Veränderungen, vergleichbar zur Trinkdauer, auf Grund der Kurvencharakteristika nur bedingt mathematisch-statistisch nutzbar sein.

4.3.3 Zeitreihenanalyse der Wasseraufnahme und des Trinkverhaltens unter Berücksichtigung des Geburtsverlaufs

4.3.3.1 Wasseraufnahme

Die folgende Abbildung zeigt die CUSUMQ-Kurven der Wasseraufnahme der Versuchstiere innerhalb der letzten 72 Stunden a.p., getrennt nach Tieren mit Normalgeburten (NG) bzw. Schweregeburten (SG).

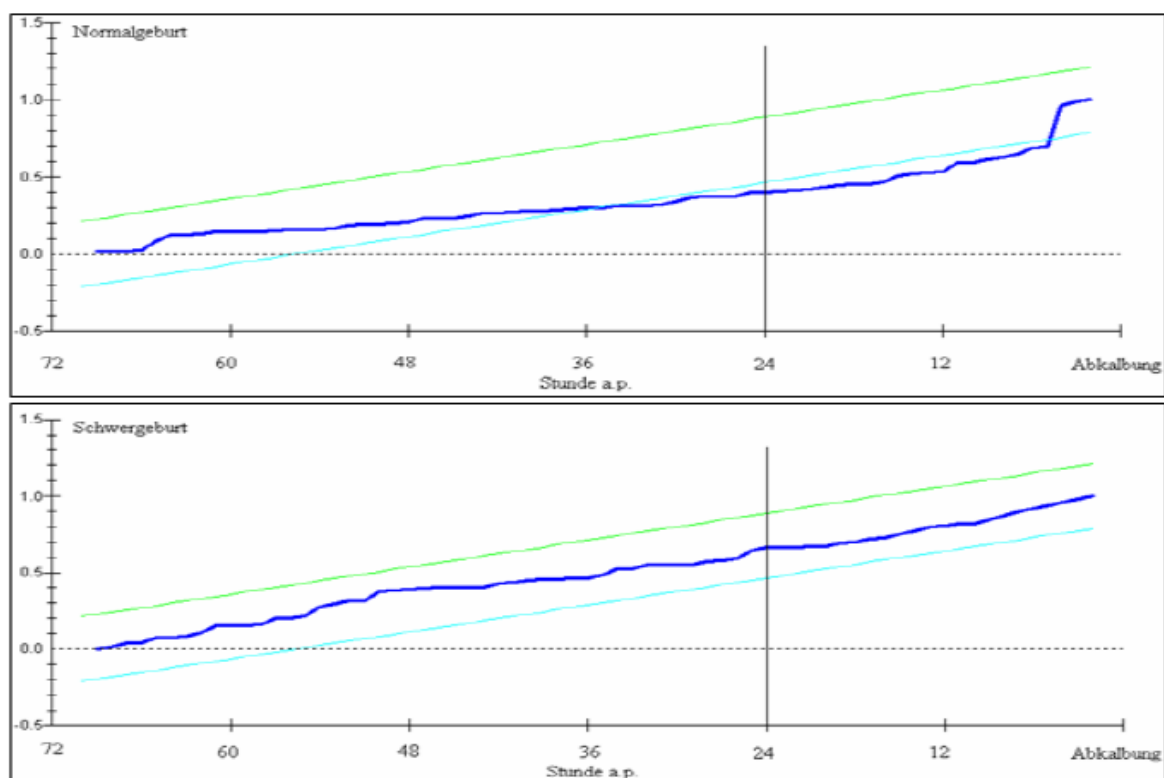


Abb. 43: CUSUMQ der freien Wasseraufnahme bei Versuchstieren mit Normal- und Schweregeburten

Die CUSUMQ-Kurve der Wasseraufnahme hat bei normal gebärenden Kühen im Unterschied zu den Schweregeburtskühen keinen stationären, sondern nahezu einen linearen Verlauf. Bei den SG-Kühen befindet sich die Kurve stets innerhalb des 5%-Signifikanz-Niveaus, während die Kurve für NG-Kühe diesen Bereich zwischen 38. und 66. Stunde a.p. verlässt und zwischen 6. Stunde vor der Abkalbung und 40. Stunde a.p. kein stationärer Verlauf der Kurve vorliegt. Dennoch weist der Chow-Test, alle ausgewerteten Zeitabschnitte betreffend, keine deutlich unterschiedlichen Gleichungen und Koeffizienten zwischen NG- und SG-Kühen auf.

Die nächste Tabelle gibt einen Überblick über die Ergebnisse der Chow-Tests der Wasseraufnahme der Versuchstiere innerhalb der letzten 72 Stunden a.p.

Tab. 17: Funktionsbeschreibung und Chow-Test der freien Wasseraufnahme

| Stunde a.p. | Normalgeburten | Schwergeburten |
|-----------------------|---|--|
| 72 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 0,52824 + 0,53134 Y_{(t-1)}$ | $\hat{Y}_t = 0,65973 + 0,22937 Y_{(t-1)}$ |
| 72 - 24 | $\hat{Y}_t = 1,1943 + 0,048817 Y_{(t-1)}$ | $\hat{Y}_t = 0,8866 + 0,09898 Y_{(t-1)}$ |
| 24 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 0,35770 + 0,57890 Y_{(t-1)}$ | $\hat{Y}_t = 0,30426 + 0,20601 Y_{(t-1)}$ |
| Chow-Test | CHSQ = 20,8816[0,000] F = 10,4408[0,000] | CHSQ = 12,3399[0,002] F = 6,1699[0,003] |

Der Chow-Test führt zu wenig unterschiedlichen Gleichungen, Gleichungskonstanten und Koeffizienten zwischen normal und schwer gebärenden Kühen in allen berechneten Zeitbereichen. Als wesentliche Ursachen dürften die Diskontinuität der Wasseraufnahme und die sehr große Streubreite der Messwerte zu nennen sein.

In der nächsten Abbildung ist der Verlauf der Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests für die untersuchten Tiere ab 72. Stunde a.p. bis zur Abkalbung bezüglich der Wasseraufnahme dargestellt.

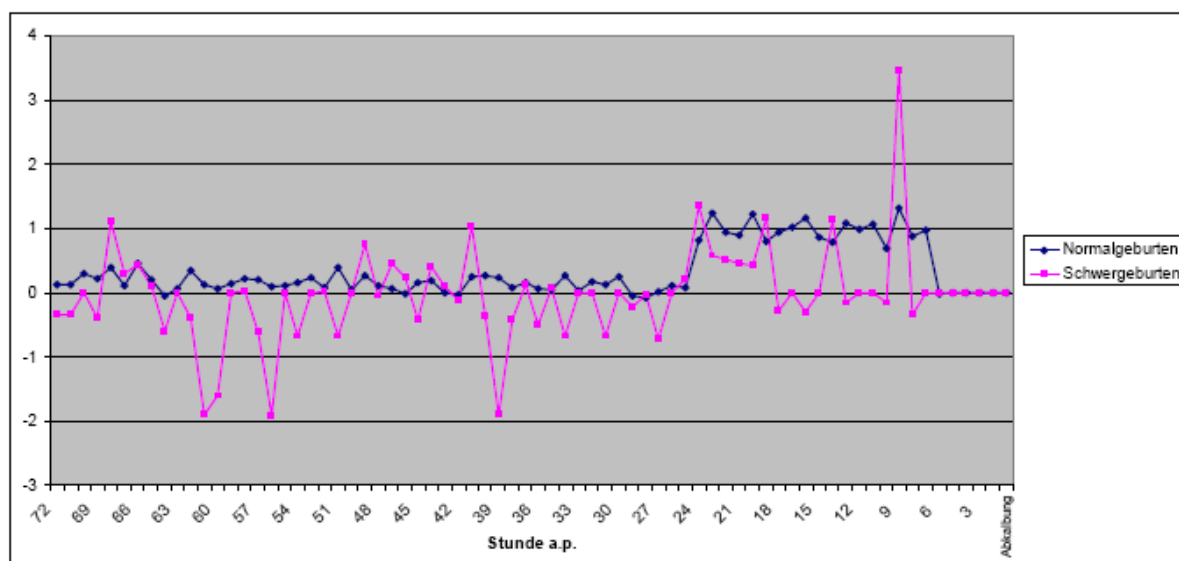


Abb. 44: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Wasseraufnahme bei Normal- und Schwiergeburten-Kühen ab 72. Stunde a.p.

Im Bereich von 72. bis ca. 24. Stunde a.p. schwankt der Koeffizient der Regressionsgleichungen bei Schwergeburten zwischen +1,1 und -2,0.

Bei normal Gebärenden verbleiben die Koeffizienten im positiven Bereich und zeigen keine deutlichen Schwankungen, variierend von 0,0 bis +0,2. Aus diesem unterschiedlichen Verhalten des Parameters können frühzeitig Rückschlüsse gezogen werden, um mögliche Schwergeburten rechtzeitig erkennen zu können.

Beide Gruppen weisen eine sehr deutliche Änderung des Verlaufs der Regressionskoeffizienten zur 24. Stunde a.p. auf.

Bei Normalgeburten verändern sich die Koeffizienten im Bereich der 24. bis 22. Stunde a.p. sehr deutlich und erreichen Werte im Bereich um +1,2. In den letzten 6 Stunden a.p. sank der Koeffizientenwert auf ca. +1,0.

Bei zu erwartenden Schwergeburten veränderten sich im Zeitabschnitt von 24. bis 20. Stunde a.p. die Koeffizienten ebenfalls sehr deutlich in den positiven Bereich, einen Wert von +1,2 erreichend. Auch in diesem Zeitabschnitt variieren die Schwankungen deutlich stärker als bei normal gebärenden Tieren. Zur 6. Stunde a.p. gehen die Werte der Koeffizienten wieder in den negativen Bereich auf -0,1 zurück und unterscheiden sich somit sichtbar vom Verlauf bei zu erwartenden Normalgeburten.

4.3.3.2 Trinkdauer

Die folgende Abbildung beinhaltet die CUSUMQ-Kurve der Trinkdauer der Versuchstiere im Verlauf der letzten 72 Stunden a.p.

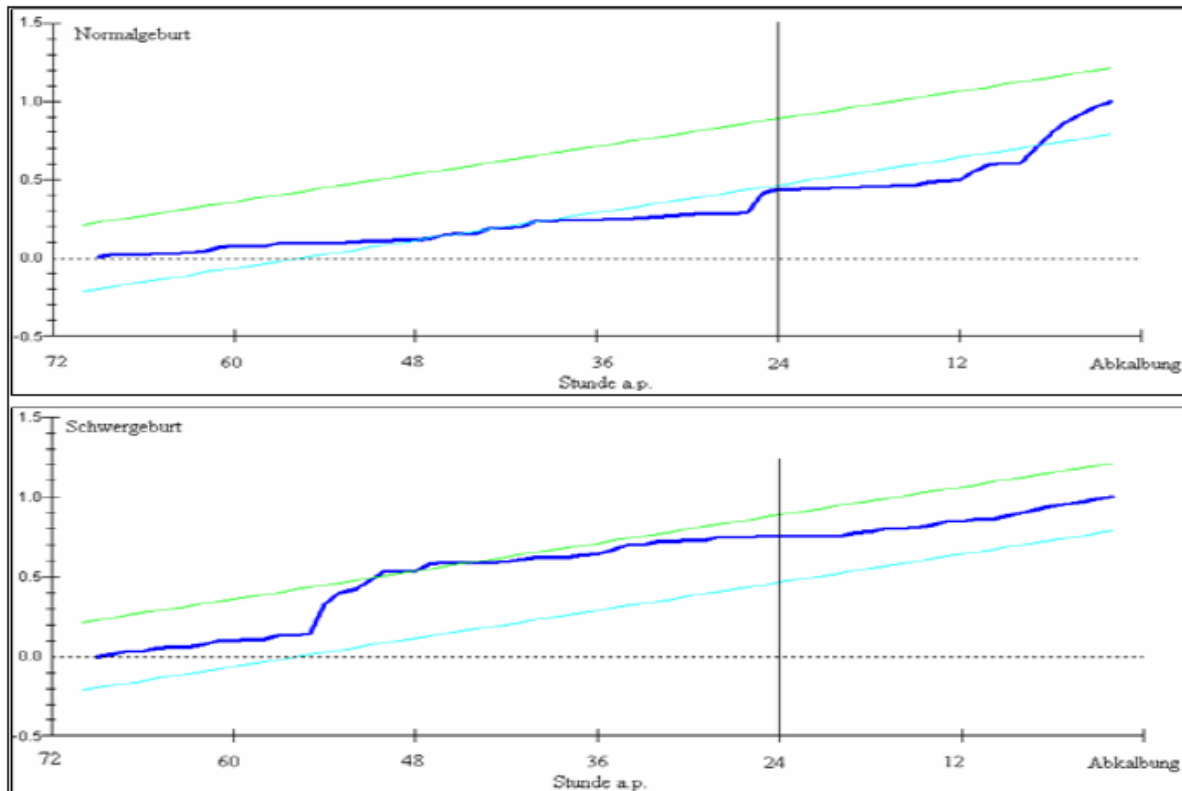


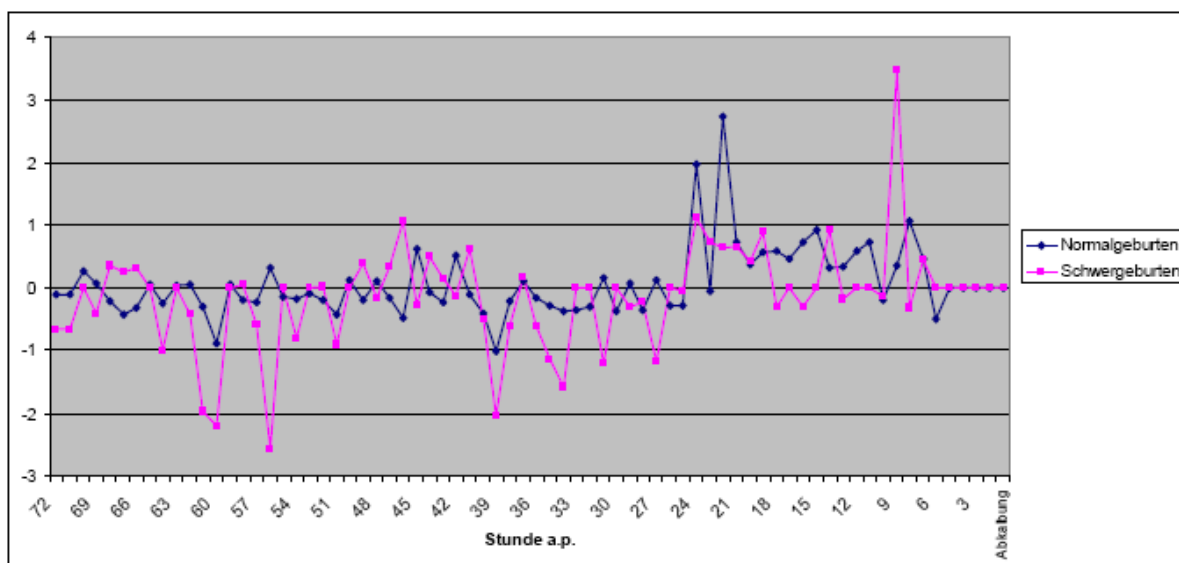
Abb. 45: CUSUMQ der Trinkdauer bei Versuchstieren mit Normal- und Schwergewürten

Die CUSUMQ-Kurve der Trinkdauer verläuft weder bei normal noch bei schwer gebärenden Kühen stationär. Bei NG-Kühen verlässt die Kurve zeitweise den Bereich des 5%-Signifikanz-Niveaus. Bei SG-Kühen ist außerdem ein deutlicher Bruch des Kurvenverlaufs zur 19. Stunde des antepartalen Zeitbereichs zu verzeichnen. Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Ergebnisse der Chow-Tests der Trinkdauer der Versuchstiere ab 72. Stunde vor der Abkalbung.

Tab. 18: Funktionsbeschreibung und Chow-Test der Trinkdauer

| Stunde a.p. | Normalgeburten | Schwergeburten |
|-----------------|--|---|
| 72 - Abkalbung. | $\hat{Y}_t = 1,4324 + 0,33557 Y_{(t-1)}$ | $\hat{Y}_t = 1,3115 + 0,032771 Y_{(t-1)}$ |
| 72 - 24 | $\hat{Y}_t = 2,8020 - 0,14636 Y_{(t-1)}$ | $\hat{Y}_t = 1,7979 - 0,14497 Y_{(t-1)}$ |
| 24 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 0,93625 + 0,40162 Y_{(t-1)}$ | $\hat{Y}_t = 0,41302 + 0,42878 Y_{(t-1)}$ |
| Chow-Test | CHSQ = 12,6847 [0.002] F = 6,3423 [0.003] | CHSQ = 9,7961 [0.007] F = 4,8980 [0.010] |

Der Chow-Test führt zu unterschiedlichen Konstanten in den Gleichungen, aber ähnlichen Koeffizienten zwischen normal und schwer gebärenden Kühen in allen Zeitbereichen. In nachfolgender Abbildung sind die Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests der Trinkdauer wiedergegeben.

**Abb. 46: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Trinkdauer bei Normal- und Schweregeburts-Kühen ab 72. Stunde a.p.**

Bei Normalgeburten schwankt der Koeffizient der Regressionsgleichungen zwischen +0,2 und -1,0 (72. bis ca. 24. Stunde a.p.). Bei schwer gebärenden Tieren variiert er im Bereich von +1,0 bis -2,5. Somit erweist sich dieser Sachverhalt als wenig geeignet, um Rückschlüsse auf das frühzeitige Erkennen von Schweregeburten ziehen zu können, da sich die Werte teilweise überdecken und trotz unterschiedlich ausgeprägter Streuung in einem ähnlichen Mittelwertbereich verlaufen. Beide Gruppen zeigen eine sehr deutliche Änderung des Verlaufs der Regressionskoeffizienten zur 24. Stunde a.p.

Im Bereich von 24. bis 22. Stunde a.p. verändern sich bei den Normalgeburten die Koeffizienten sehr deutlich und erreichen Werte um +2,7. In den letzten 6 Stunden a.p. sank der Koeffizientenwert auf ca. +1,0. Bei zu erwartenden Schweregeburten stiegen im Zeitabschnitt von 24. bis 20. Stunde a.p. die Koeffizienten auf +1,2. Zur 7. Stunde a.p. gehen die Werte der Koeffizienten wieder in den negativen Bereich, auf -0,1 zurück und unterscheiden sich somit sichtbar vom Verlauf dieses Koeffizienten bei Normalgeburten.

4.3.3.3 Trinkfrequenz

Die nachfolgende Abbildung zeigt die CUSUMQ-Kurve der Trinkfrequenz der Versuchstiere im Zeitraum der letzten 72 Stunden a.p.

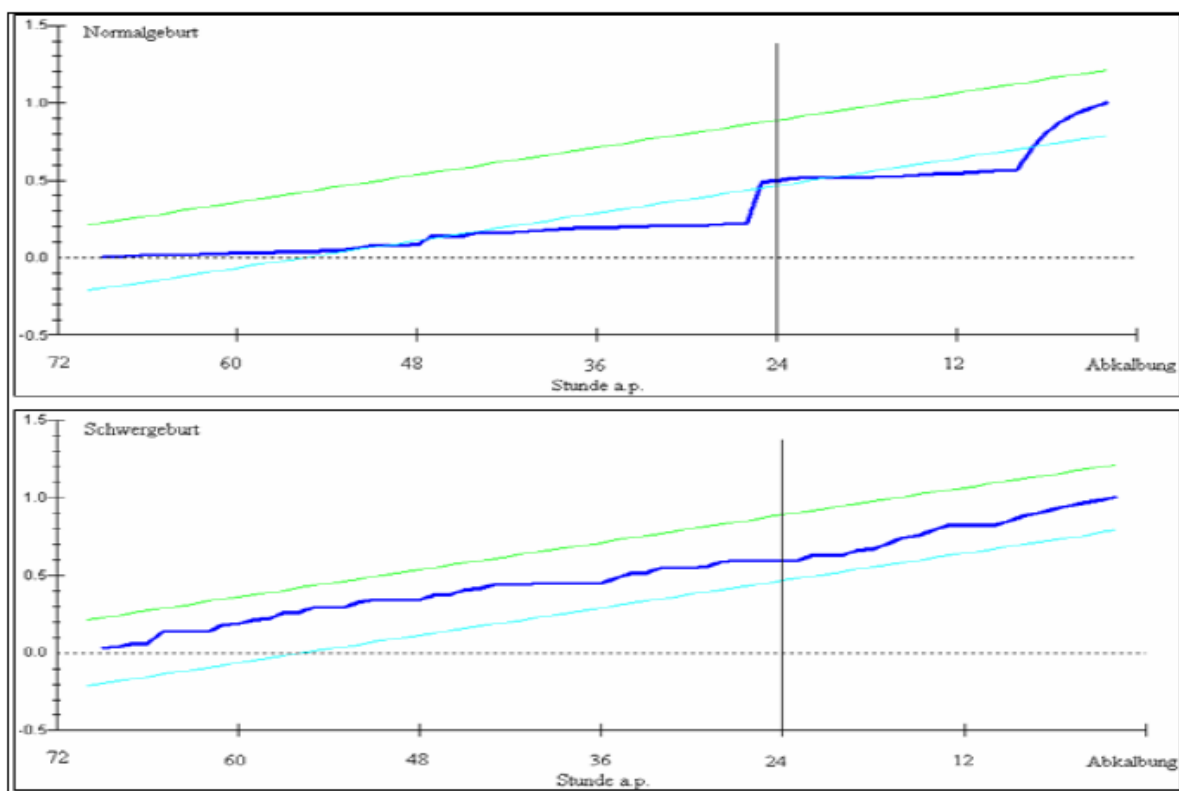


Abb. 47: CUSUMQ der Trinkfrequenz bei Versuchstieren mit Normal- und Schweregeburten

Die CUSUMQ-Kurve der Trinkfrequenz bei SG-Kühen weist einen nahezu linearen Verlauf innerhalb des 5%-Signifikanz-Niveaus auf, während für normal gebärende Kühe der Verlauf als nicht stationär zu bezeichnen ist und mit deutlichen Brüchen im Kurvenverlauf zur 48. und 66. Stunde a.p. in Erscheinung tritt. Aus dem Chow-Test resultieren unterschiedliche

Gleichungen mit deutlich voneinander differierenden Koeffizienten zwischen NG- und SG-Kühen (Tab.19).

Tab. 19: Funktionsbeschreibung und Chow-Test der Trinkfrequenz

| Stunde a.p. | Normalgeburten | Schwergeburten |
|------------------------|---|---|
| 72 - Abkalbung. | $\hat{Y}_t = 0.52824 + 0.53134 Y_{(t-1)}$ | $\hat{Y}_t = 75.3296 + 0.032773 Y_{(t-1)}$ |
| 72 - 24 | $\hat{Y}_t = 1.1943 + 0.048817 Y_{(t-1)}$ | $\hat{Y}_t = 107.8487 - 0.14500 Y_{(t-1)}$ |
| 24 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 0.35770 + 0.57890 Y_{(t-1)}$ | $\hat{Y}_t = 24.7465 + 0.42923 Y_{(t-1)}$ |
| Chow-Test | CHSQ = 8.1216 [0.017] F = 4.0608 [0.022] | CHSQ = 9.8006 [0.007] F = 4.9003 [0.010] |

Die nächste Abbildung ist den Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests der Trinkfrequenz für normal im Vergleich zu schwer gebärenden Kühen ab 72. Stunde a.p. bis zur Abkalbung gewidmet.

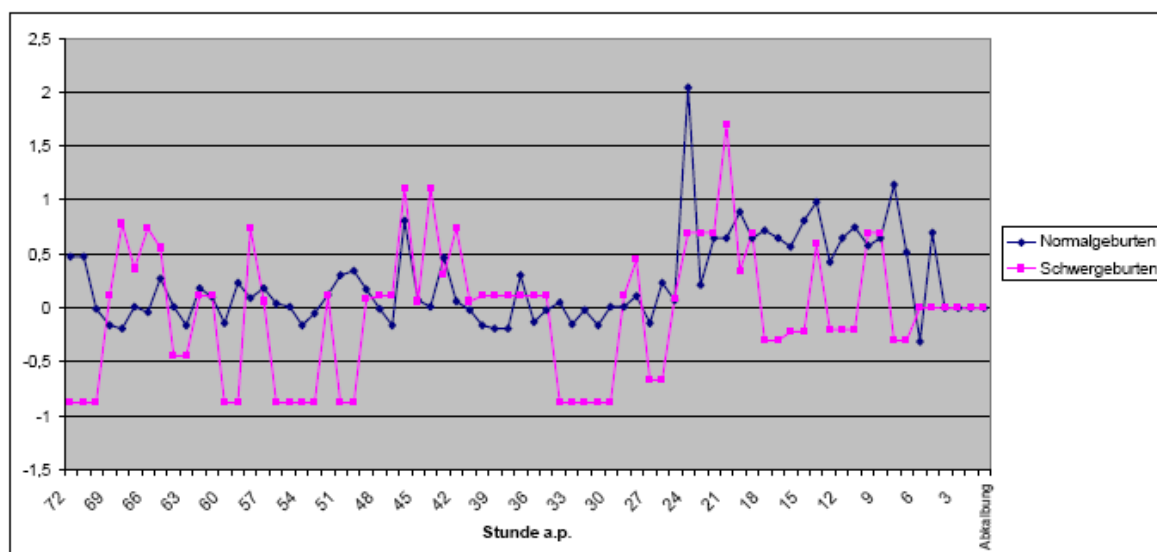


Abb. 48: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Trinkfrequenz bei Normal- und Schweregeburt-Kühen ab 72. Stunde a.p.

Im Bereich von 72. bis ca. 24. Stunde a.p. schwankt der Koeffizient der Regressionsgleichungen bei Normalgeburten von +0,5 bis -0,1. Bei schwer gebärenden Tieren variieren die Koeffizienten viel stärker, von -0,9 bis +1,2. Beide Gruppen zeigen eine sehr deutliche Änderung des Verlaufs der Regressionskoeffizienten zur 24. Stunde a.p. Bei Normalgeburten verändern sich die Koeffizienten im Bereich von 24. bis 22. Stunde a.p. sehr deutlich und erreichen Werte im Bereich um +2,0. In den letzten 7 Stunden a.p. sank der Koeffizientenwert auf ca. +0,6.

Bei zu erwartenden Schwergeburten veränderten sich im Zeitabschnitt von 24. bis 20. Stunde a.p. die Koeffizienten sehr deutlich und schwenkten ebenfalls in den positiven Bereich, einen Wert von +1,6 erreichend. Auch in diesem Zeitabschnitt variieren die Schwankungen deutlich stärker als bei normal gebärenden Tieren.

Zur 7. Stunde a.p. sinken die Werte der Koeffizienten wieder in den negativen Bereich auf -0,3 und unterscheiden sich somit sichtbar vom Verlauf dieses Koeffizienten bei Normalgeburten.

4.4 Bewegungsaktivität und Ruheverhalten

4.4.1 Verlauf der Parameter im Zeitraum vom 7. Tag a.p. bis zum Tag der Abkalbung sowie stundenweiser Verlauf in den letzten 72 Stunden a.p.

Auch bei der Bewegungsaktivität und dem Ruheverhalten wurde die Darstellung unter zwei Aspekten vorgenommen:

1. Übersicht der Durchschnittswerte aller Tiere in Form des Tagesmittelwertes über den Verlauf der letzten 7 Tage a.p., getrennt nach Kühen und Färsen
2. Differenzierung der Messergebnisse auf den Mittelwert pro Stunde berechnet für den Zeitabschnitt ab 72 Stunden a.p. bis zum Abkalbezeitpunkt

4.4.1.1 Schrittzahl

Der Mittelwert der Schrittzahl der Versuchstiere über den Versuchszeitraum betrug 3635 ± 1269 Schritte je Tag. Die folgende Abbildung zeigt den Verlauf der Schrittzahl der Kühe und Färsen.

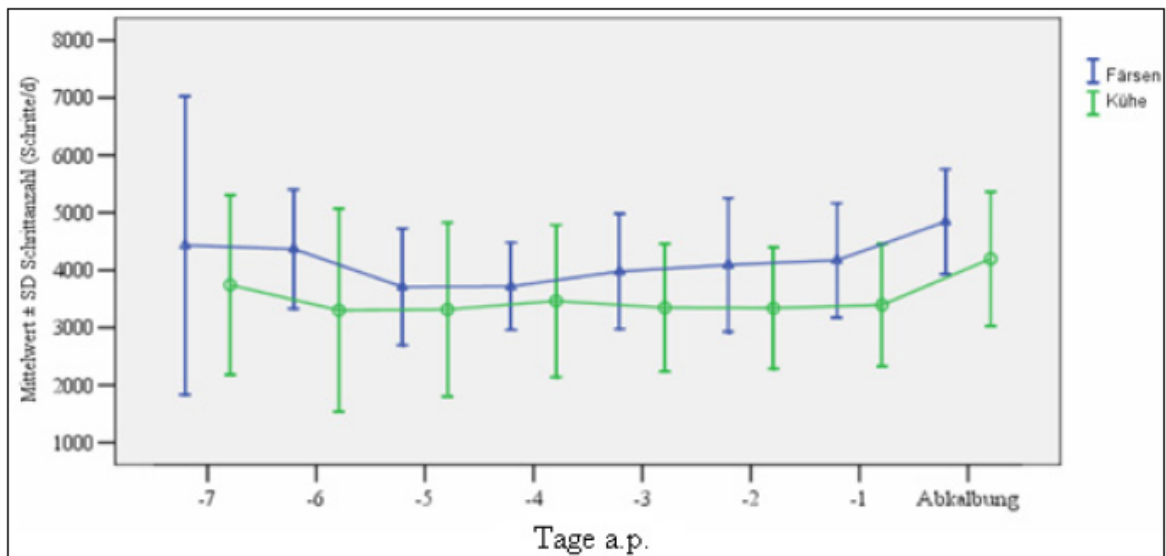


Abb. 49: Verlauf der Anzahl der Schritte pro Tag bei Färsen und Kühen vom 7. Tag a.p. bis zur Abkalbung

In beiden Gruppen unterlag die tägliche durchschnittliche Schrittzahl einer sehr starken Streuung. Die mittlere Anzahl der Schritte der Kühe fiel von 3744 ± 1565 Schritten am 7. Tag a.p. auf 3302 ± 1764 am 6. Tag a.p. und verlief etwa konstant bis einen Tag vor der Abkalbung. Am Tag der Abkalbung wurde das Maximum der Schrittzahl mit 4197 ± 1170 Schritten festgestellt. Am 7. Tage a.p. bewegten sich die Färsen mit durchschnittlich 4433 ± 2594 Schritten, an den darauf folgenden Tagen lag die Schrittzahl teilweise <4000 , aber vergleichbar zu den Kühen stieg die Schrittzahl am Tag der Abkalbung auf das Maximum von 4844 ± 913 Schritten an.

Die nächste Abbildung beinhaltet den Verlauf der Schrittzahl pro Stunde für alle Versuchstiere innerhalb der letzten 72 Stunden a.p.

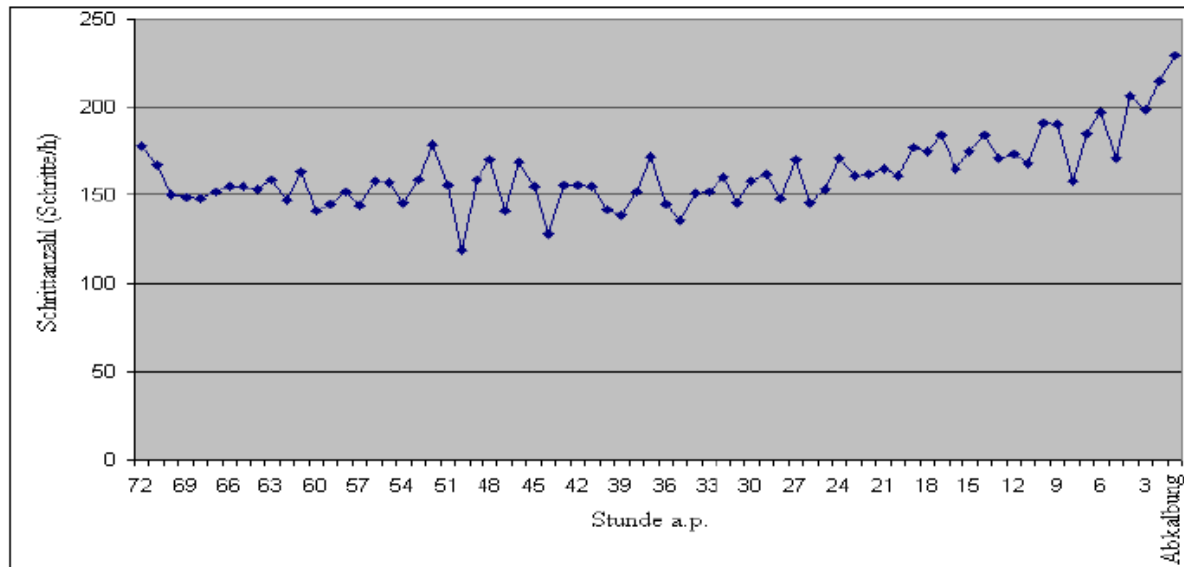


Abb. 50: Anzahl der Schritte pro Stunde aller Versuchstiere ab 72. Stunde a.p.

Die Anzahl der Schritte der Kühe wurde zur 72. Stunde vor der Geburt mit 178 Schritten/Stunde registriert. In der 50./51. Stunde a.p. sank die Schrittzahl auf ein Minimum von 128, um dann deutlich auf >180 Schritte/Stunde (7.-9. Stunde a.p.) anzusteigen. Danach verläuft der Anstieg noch steiler. Für die letzte Stunde vor der Abkalbung wurden 214 Schritte/h und für die Stunde der Abkalbung 229 Schritte ermittelt.

Die Ergebnisse stehen in Übereinstimmung mit den Resultaten einer Studie von SHAW et al. (1988), in der an tragenden Stuten eine um 20% gesteigerte Schrittzahl vor der Geburt registriert werden konnte. Die Erhöhung der Schrittzahl am Tag der Abkalbung ist anscheinend auf eine hohe Nervosität und stark erhöhte Aufmerksamkeit der Tiere im geburtsnahen Zeitraum zurückzuführen. Diese Vermutung geht konform mit den Ergebnissen von BÄHR (2006) bei Mutterkühen. In deren Untersuchungen konnte auf eine Erhöhung der Schrittzahl vom 5. Tag a.p. bis zur Geburt hingewiesen werden. Auch im postpartalen Zeitraum (bis zum 3. Tag nach der Abkalbung) blieb eine leichte Erhöhung der Schritttaktivität bestehen.

Im Einzelnen betrachtet steigt die Aktivität der Kühe ab vier Stunden ante partum deutlich an, Stunde für Stunde deutlich nachweisbar. Dass die Erhöhung der Schrittzahl in einem Zusammenhang mit einer Erhöhung der Nervosität der Tiere stehen könnte, wurde in einer

Studie von LEHR (1997) aufgezeigt und mit einer kontinuierlichen Erhöhung der Messwerte aus Herzfrequenzmessungen ab 48 Stunden vor der Abkalbung in Verbindung gebracht sowie als ein deutliches Anzeichen von Nervosität gewertet.

In den letzten vier Stunden vor der Abkalbung fraßen und tranken die Tiere nicht mehr, aber gleichzeitig zeigte sich eine deutlich höhere Schrittzahl. Diese Erhöhung ist somit keinesfalls mit Nahrungssuche verbunden, sondern erweist sich als Begleiterscheinung der Geburtsvorbereitungen. Es ist ebenso erlaubt anzunehmen, dass unruhige Tiere am Tag der Kalbung, besonders aber ab 6 Stunden vor der Geburt, auf die Einnahme der Geburtsposition durch das Kalb sensibel reagieren und die Kühe durch dabei eventuell hervorgerufene Schmerzen zu höherer Lauf- und Bewegungsaktivitäten veranlasst werden.

4.4.1.2 Dauer für Stehen und Bewegen

Das Pedometer misst die Schrittzahl in der Bewegung und die Zeit der Liegedauer pro Stunde. Aus der Differenz (60 - Liegedauer) errechnet sich die Gesamtbewegungsdauer.

Der Begriff Gesamtbewegungsdauer umfasst somit das Stehen und Bewegen.

Die durchschnittliche Bewegungsdauer aller ausgewerteten Tiere im Untersuchungszeitraum liegt bei $11,1 \pm 2,6$ Stunden, bei Färsen liegt diese um ca. 14% über dem Herdendurchschnitt, bei Kühen ca. 7% unter dem Herdendurchschnitt. Abbildung 51 zeigt den Unterschied zwischen Färsen und Kühen.

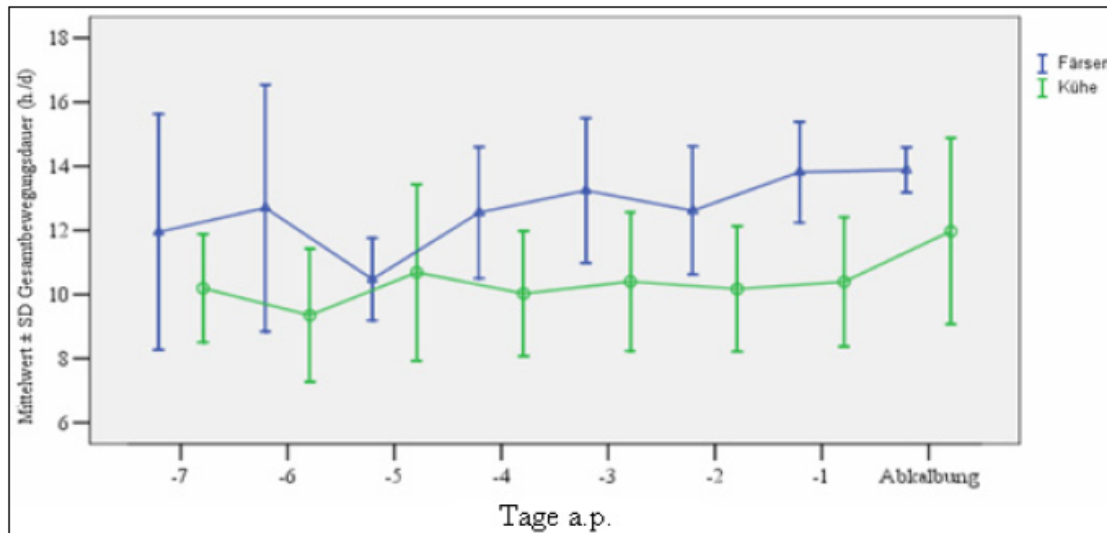


Abb. 51: Verlauf der Gesamtbewegungsdauer pro Tag bei Färsen und Kühen vom 7. Tag a.p. bis zur Abkalbung

Färsen zeigten eine signifikant längere Bewegungsdauer als Kühe. Wie in Abbildung 51 dargestellt, stieg die Bewegungsdauer bei Färsen und Kühen vom 4. Tag a.p. und erreichte, analog zur Erhöhung der täglichen Schrittzahl, die Maximalwerte am Tag der Abkalbung. Am 4. Tag a.p. lag die durchschnittliche Gesamtbewegungsdauer der Färsen bei $12,5 \pm 2,05$ h, die der Kühe bei $10,0 \pm 1,95$ h und am Tag der Abkalbung bei $13,9 \pm 0,7$ h für Färsen und bei $11,9 \pm 2,9$ h für Kühe, was einer Steigerung um ca. 15 bis ca. 20 % entspricht.

Die nächste Abbildung gibt einen Überblick über den Verlauf der Gesamtbewegungsdauer für alle Versuchstiere ab 72. Stunde a.p., berechnet als min/h.

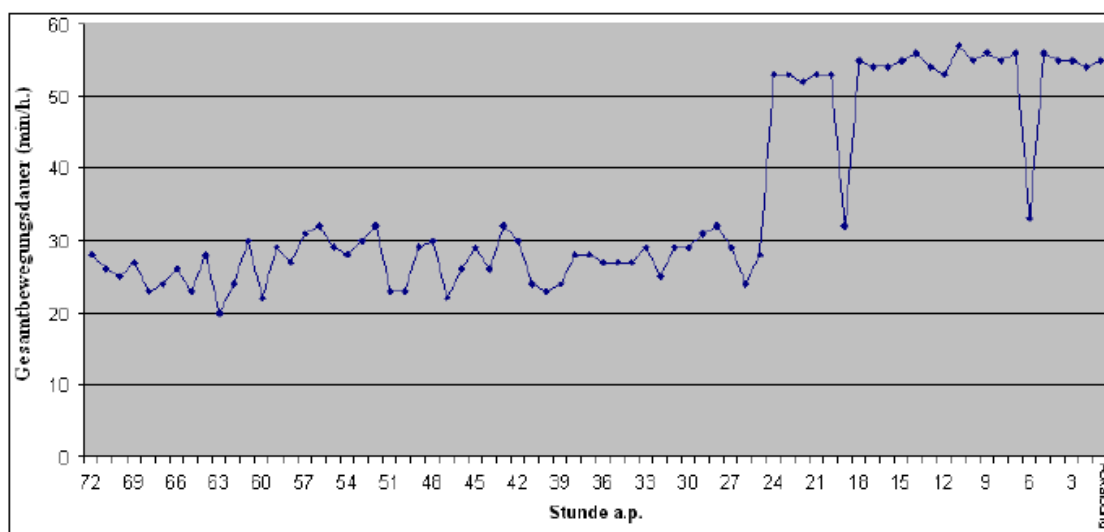


Abb. 52: Gesamtbewegungsdauer pro Stunde aller Versuchstiere ab 72. Stunde a.p.

Die durchschnittliche Gesamtbewegungsdauer (Bewegen und Stehen) lag für alle Tiere bei 36 min/Stunde. Die Gesamtbewegungsdauer variierte bis 24 Stunden a.p. im Bereich von 25-30 min/Stunde. In der 24. Stunde a.p. betrug die durchschnittliche Gesamtbewegungsdauer ca. 53 min/Stunde und sie pendelte in den letzten 24 Stunden und erreichte in den letzten drei Stunden vor der Geburt einen Wert von 55 min/Stunde.

Bei Untersuchungen an Rindern in der Carmargue stellte ZEEB (1986) fest, dass sie täglich 10,3 h mit der Nahrungsaufnahme verbrachten, 1,8 h mit Fortbewegung und dabei eine Strecke von durchschnittlich 6,072 km zurücklegten. Die vorzufindende gesteigerte Gesamtbewegungsdauer und Schrittzahl steht in Übereinstimmung mit Feststellungen einer gesteigerten Unruhe ab ca. 3 bis 6 Stunden vor der Abkalbung (SÜSS und ANDREAE, 1984; STRAITON, 1991).

4.4.1.3 Liegedauer

Mit Hilfe des Pedometers wurde auch die Liegedauer ermittelt. Die Liegedauer wird differenziert nach Brust- und Seitenlage aufgezeichnet und daraus ergibt sich die Liegedauer.

Die durchschnittliche Liegedauer aller Versuchstiere betrug $12,9 \pm 2,60$ Stunden pro Tag. In der folgenden Abbildung ist dieser Sachverhalt als Verlauf über die letzten 7 Tage a.p. dargestellt, unterteilt nach Kühen und Färsen.

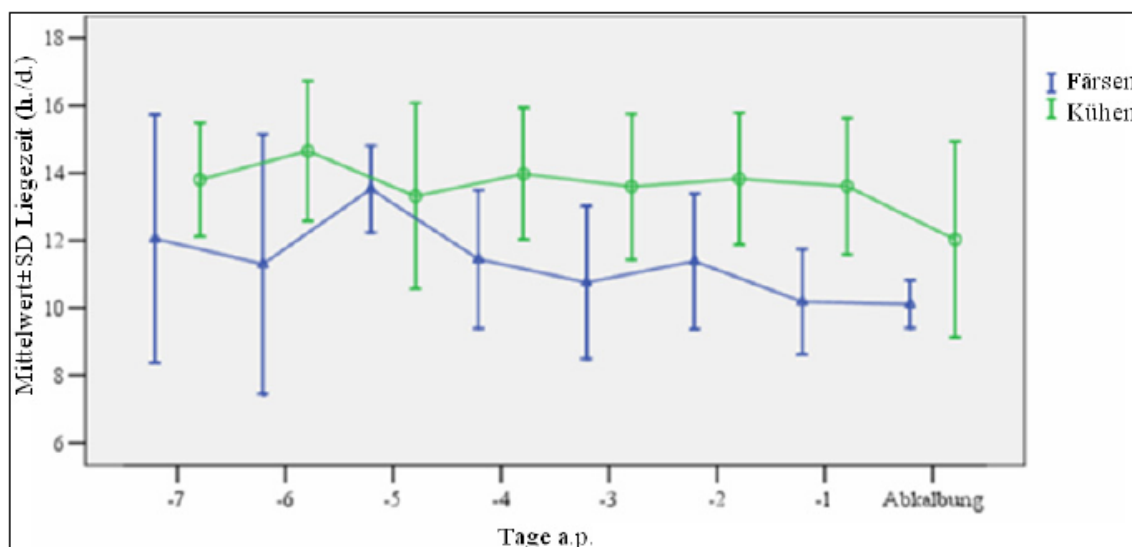


Abb. 53: Verlauf der Liegedauer pro Tag bei Färsen und Kühen vom 7. Tag a.p. bis zur Abkalbung

Im Versuchszeitraum war die Liegedauer bei Kühen signifikant höher als die der Färsen. Der Mittelwert der Liegedauer aus dem Zeitraum 7. Tag a.p. bis Abkalbung betrug bei den Färsen $11,0 \pm 2,45$ Stunden/Tag gegenüber dem der Kühe mit $13,6 \pm 2,30$ Stunden/Tag. Die mittlere Liegedauer der Färsen verzeichnete am 5. Tag a.p. mit $13,5 \pm 1,28$ h/d den Maximalwert, sank dann besonders stark am Tag der Abkalbung auf $10,1 \pm 0,71$ Stunden. Bei den Kühen sank die Liegedauer von einem maximalen Wert von $14,6 \pm 2,07$ Stunden am 6. Tag a.p. auf ca. 13,6 Stunden an den folgenden Tagen. Am Tag der Abkalbung reduzierte sich die Liegedauer deutlich auf ihr Minimum von $12,0 \pm 2,9$ Stunden.

Die nächste Abbildung gibt einen Überblick zum Verlauf der Liegedauer für alle Versuchstiere ab 72. Stunde a.p., berechnet als min/h.

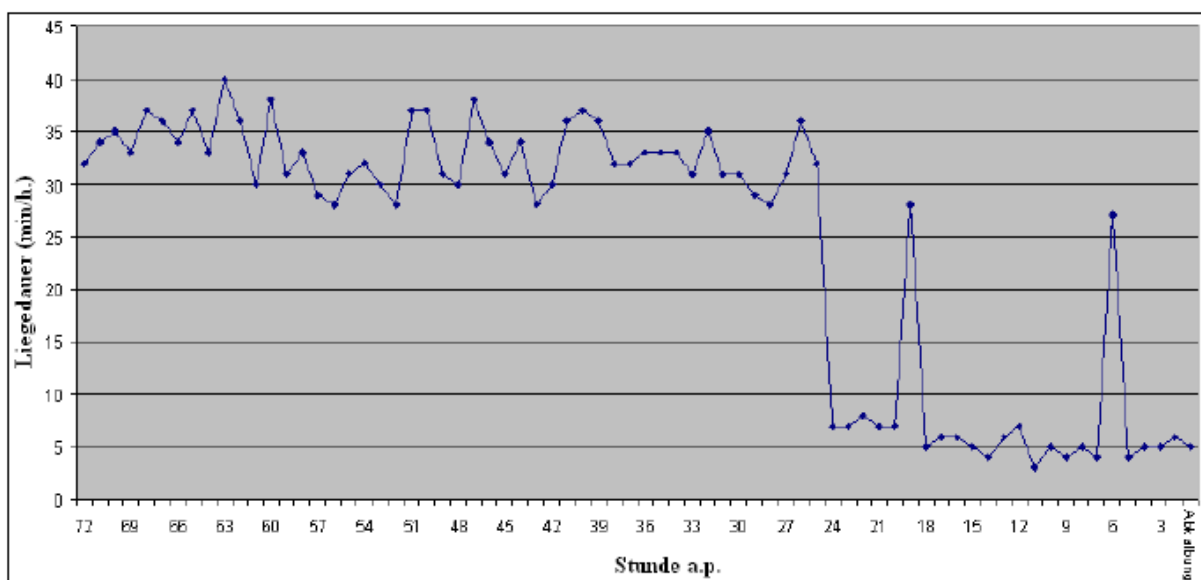


Abb. 54: Liegedauer pro Stunde aller Versuchstiere ab 72. Stunde a.p.

Die durchschnittliche Liegedauer bei den Tieren lag im Gesamtzeitraum bei ca. 24 min/Stunde. Die Liegedauer variierte bis 24 Stunden a.p. im Bereich von 22 bis 40 min/Stunde. In der 22.-24. Stunde a.p. betrug die durchschnittliche Liegedauer bei Kühen etwa 7 min/Stunde und sie pendelte in den letzten 24 Stunden, um in den letzten drei Stunden vor der Geburt einen Wert von ca. 5 min/Stunde zu erreichen.

Die Angaben in der Literatur über die durchschnittliche tägliche Liegedauer von Milchkühen weichen stark voneinander ab und variieren zwischen 6 und 13 Stunden je Tag, wesentlich

beeinflusst durch Rasse, Alter, Gewicht, Geschlecht, Aufstallung, Leistung und Umweltfaktoren (REITER et. al., 2007).

In der nächsten Abbildung werden die Verläufe der Liegedauer und Gesamtbewegungsdauer in den letzten 72 Stunden a.p. gegenübergestellt.

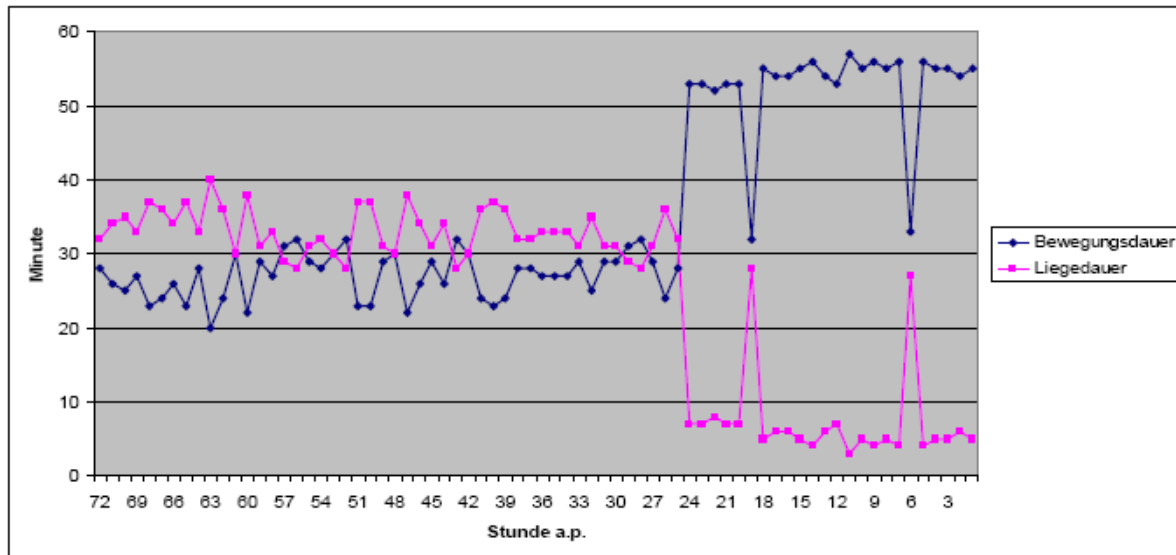


Abb. 55: Liegedauer und Bewegungsdauer pro Stunde aller Versuchstiere ab 72. Stunde a.p.

Die Gesamtbewegungsdauer (Stehen und Bewegen) und Liegedauer scheinen als deutlicher Signalgeber für die Vorausberechnung des Abkalbezeitpunktes geeignet zu sein. Beide Parameter zeigen einen erheblichen qualitativen Sprung zum Zeitpunkt der 26. bis 24. Stunde vor Abkalbebeginn. Entfielen bis zu diesem Zeitpunkt auf Bewegungs- und Liegedauer ca. 30 min/Stunde, so reduziert sich die Liegedauer in den letzten 24 Stunden auf 5-7 min/Stunde. Stress- und schmerzinduzierte Signalgeber könnten zu einem beträchtlichen Anteil für diese Verhaltensverschiebung verantwortlich zeichnen.

4.4.2 Zeitreihenanalyse für Bewegungsaktivität und Ruheverhalten

4.4.2.1 Schrittzahl

Aus der nachfolgenden Abbildung ist die CUSUMQ-Kurve der Schrittzahl der Versuchstiere ab 72. Stunde a.p. zu entnehmen.

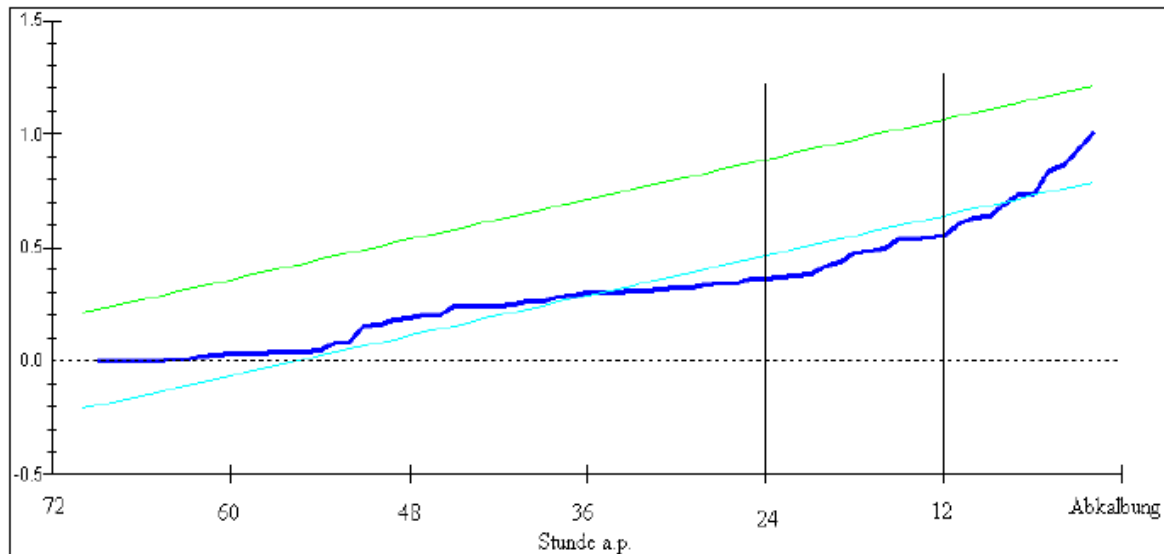


Abb. 56: CUSUMQ der Schrittzahl der Versuchstiere

Die CUSUMQ-Kurve der Schrittzahl liegt von der 72. Stunde a.p. bis zur 32. Stunde a.p. und in den letzten acht Stunden vor der Abkalbung innerhalb des 5%-Signifikanz- Niveaus und zwischen 32. und 8. Stunde a.p. außerhalb dieses Bereichs. Es existiert ein deutlicher Bruch im Verlauf der Schrittzahl innerhalb des Beobachtungszeitraums. Die folgende Tabelle zeigt die Ergebnisse des Chow-Tests.

Tab. 20: Funktionsbeschreibung und Chow-Test der Schrittzahl

| Stunde a.p. | Regressionsgleichung | P-Werte |
|-----------------------|---|---|
| 72 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 57,3821 + 0,64879 Y_{(t-1)}$ | |
| 72 - 24 | $\hat{Y}_t = 162,8774 - 0,066748 Y_{(t-1)}$ | CHSQ = 34,0534[0,000] F = 17,0267[0,000] |
| 24 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 68,6713 + 0,63058 Y_{(t-1)}$ | |
| 24 - 12 | $\hat{Y}_t = 145,4261 + 0,15134 Y_{(t-1)}$ | CHSQ = 3,9919[0,136] F = 1,9959[0,162] |
| 12 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 103,8851 + 0,47022 Y_{(t-1)}$ | |

Der Chow-Test zeigt einen deutlichen Bruch zur 24. Stunde a.p. an.

In der nachfolgenden Abbildung ist der Verlauf der Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests für die Schrittzahl ab 72. Stunde a.p. dargestellt.

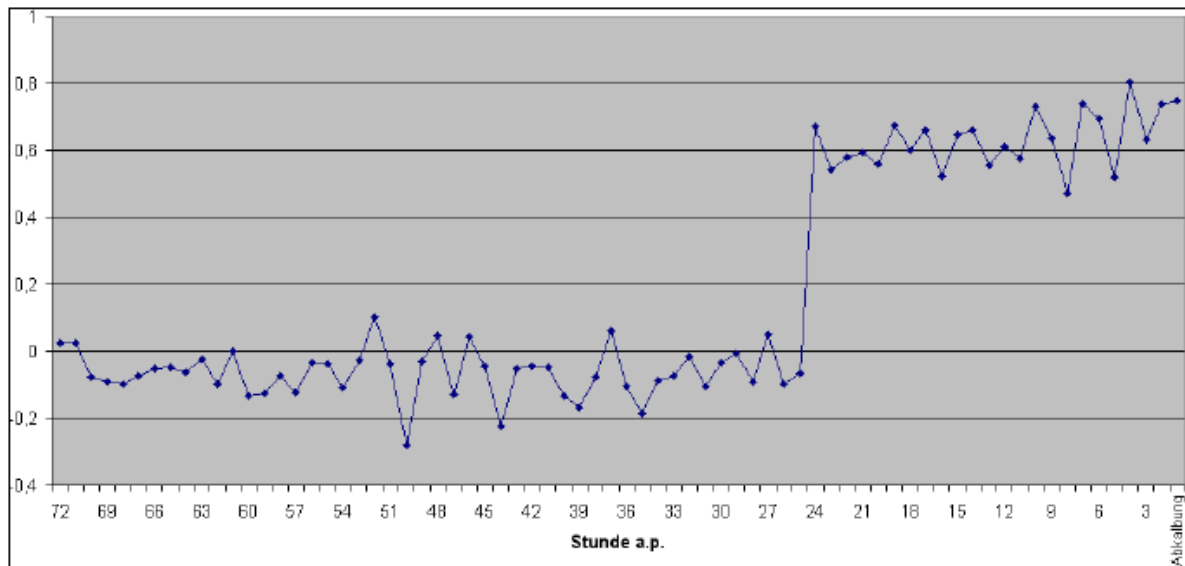


Abb. 57: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Schrittzahl ab 72. Stunde a.p.

Im Zeitbereich von 72. bis ca. 24. Stunde a.p. variieren die Koeffizienten der Regressionsgleichungen im Bereich zwischen -0,3 bis +0,1. Im Zeitabschnitt von 24. bis 22. Stunde a.p. verändern sich die Koeffizienten sehr deutlich, gehen in den positiven Bereich über und variieren bis zur 3. Stunde a.p. um den Wert +0,8. Da die Koeffizienten sowohl den Trendverlauf als auch die Größenordnung der Veränderung von einer Stunde zur nächsten Stunde beschreiben, dürften für einen Vorhersage-Algorithmus diese qualitativen Veränderungen von Bedeutung sein, um den Beginn der letzten 24 Stunden a.p. (t) und damit auch den wahrscheinlichen Abkalbezeitpunkt ($=t+24$ h) vorherbestimmen zu können.

4.4.2.2 Stehen und Bewegen

Die folgende Abbildung und Tabelle zeigt die CUSUMQ-Kurve und die Ergebnisse des Chow-Tests der Gesamtbewegungsdauer der Versuchstiere innerhalb der letzten 72 Stunden a.p.

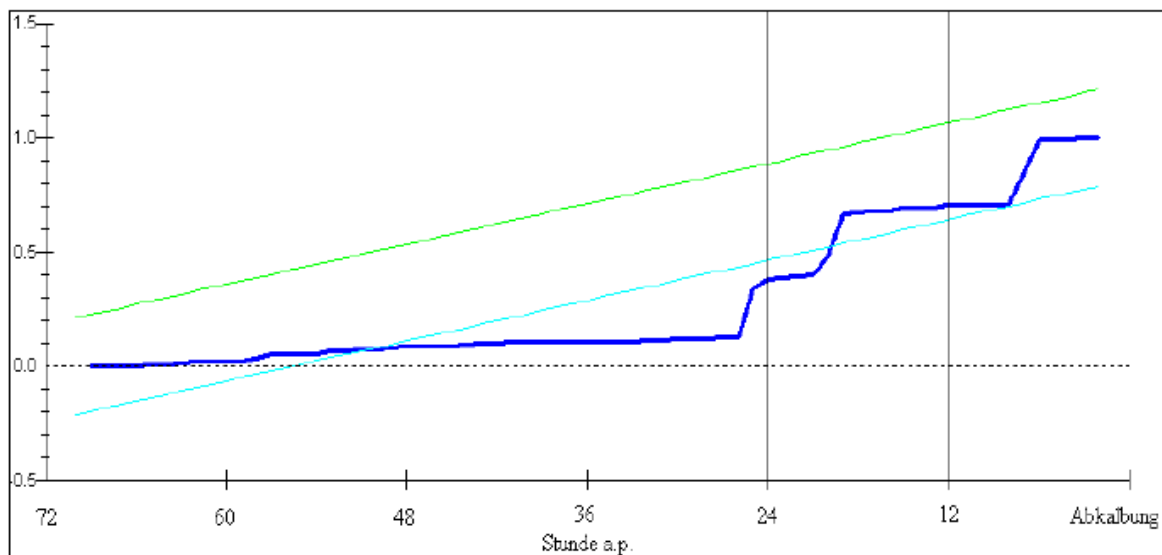


Abb. 58: CUSUMQ der Gesamtbewegungsdauer der Versuchstiere

Die CUSUMQ-Kurve der Bewegungsaktivität befindet sich von der 72. Stunde a.p. bis zur 46. Stunde a.p. und die letzten 18 Stunden vor der Abkalbung innerhalb des 5%-Signifikanz-Bereichs, zwischen 46. und 18. Stunde a.p. außerhalb, und es zeigt sich ein deutlicher Bruch im Verlauf der Bewegungsaktivität innerhalb des Beobachtungszeitraums. Die folgende Tabelle vermittelt die Ergebnisse des Chow-Tests.

Tab. 21: Funktionsbeschreibung und Chow-Test der Gesamtbewegungsdauer

| Stunde a.p. | Regressionsgleichung | P-Werte |
|-----------------------|--|---|
| 72 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 5,0186 + 0,86884 Y_{(t-1)}$ | |
| 72 - 24 | $\hat{Y}_t = 22,0998 + 0,18236 Y_{(t-1)}$ | CHSQ = 93,6117[0,000] F = 46,8058[0,000] |
| 24 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 56,8777 - 0,080923 Y_{(t-1)}$ | |
| 24 - 12 | $\hat{Y}_t = 55,6938 - 0,071226 Y_{(t-1)}$ | CHSQ = 0,37915[0,827] F = 0,18957[0,829] |
| 12 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 62,1398 - 0,16433 Y_{(t-1)}$ | |

Der Chow-Test zeigt einen deutlichen Bruch nur zur 24. Stunde a.p. an.

In der nachfolgenden Abbildung ist der Verlauf der Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests für die Bewegungsdauer in den letzten 72 Stunden vor der Abkalbung dargestellt.

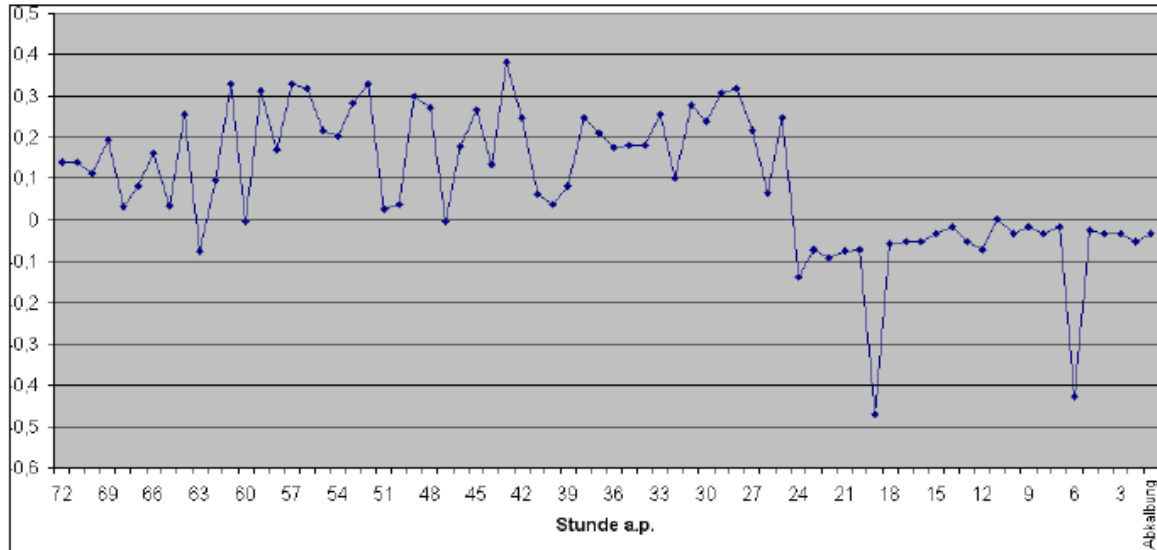


Abb. 59: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Bewegungsdauer ab 72. Stunde a.p.

Im Zeitbereich von 72. bis ca. 24. Stunde a.p. variieren die Koeffizienten der Regressionsgleichungen im Bereich zwischen -0,1 bis +0,4. Im Zeitabschnitt von 24. bis 22. Stunde a.p. verändern sich die Koeffizienten sehr deutlich, gehen in den negativen Bereich über und variieren bis zur 3. Stunde a.p. um den Wert -0,1. Da die Koeffizienten sowohl den Trendverlauf als auch die Größenordnung der Veränderung von einer Stunde zur nächsten Stunde beschreiben, dürften für einen Vorhersage-Algorithmus diese qualitativen Veränderungen von Bedeutung sein, um den Beginn der letzten 24 Stunden a.p. (t) und damit auch den wahrscheinlichen Abkalbezeitpunkt ($=t+24$ h) vorherbestimmen zu können.

4.4.2.3 Liegedauer

Die folgende Abbildung und Tabelle beinhaltet die CUSUMQ-Kurve und die Ergebnisse des Chow-Tests der Liegedauer der Versuchstiere ab 72. Stunde a.p.

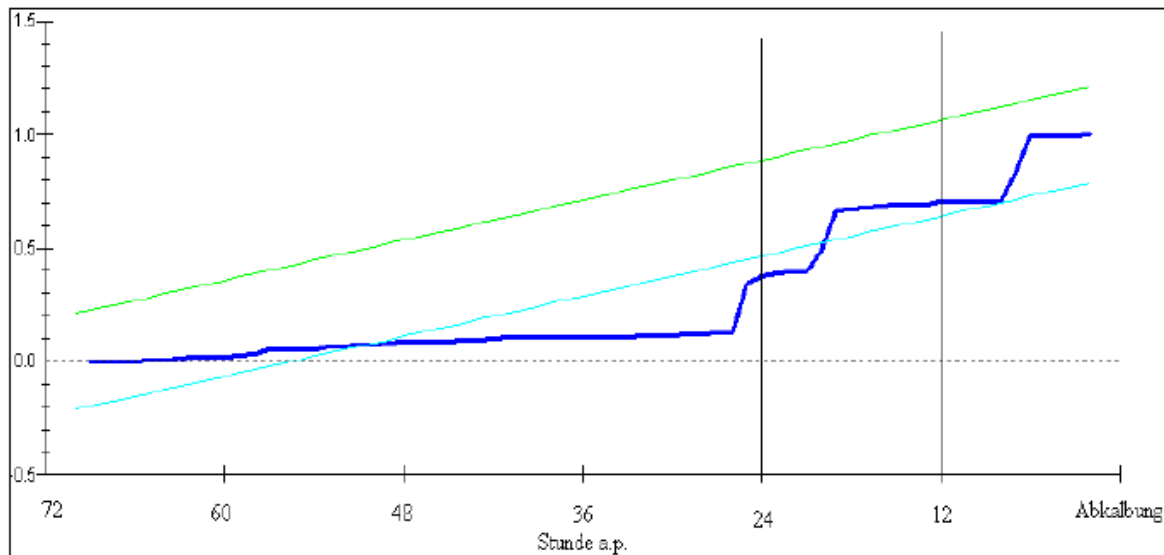


Abb. 60: CUSUMQ der Liegedauer der Versuchstiere

Die CUSUMQ-Kurve der Liegedauer bewegt sich von der 72. Stunde a.p. bis zur 46. Stunde a.p. und in den letzten 18 Stunden vor der Abkalbung innerhalb des 5%- Signifikanz-Niveaus, aber zwischen 46. und 18. Stunde a.p. außerhalb und weist einen deutlichen Bruch innerhalb des Beobachtungszeitraums auf.

Die nächste Tabelle zeigt die Ergebnisse des Chow-Tests.

Tab. 22: Funktionsbeschreibung und Chow-Test der Liegedauer

| Stunde a.p. | Regressionsgleichung | P-Werte |
|----------------|---|---|
| 72 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 2,8509 + 0,86884 Y_{(t-1)}$ | |
| 72 - 24 | $\hat{Y}_t = 26,9584 + 0,18263 Y_{(t-1)}$ | CHSQ = 93,6117 [0,000] F = 46,8058 [0,000] |
| 24 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 7,9777 - 0,080923 Y_{(t-1)}$ | |
| 24 - 12 | $\hat{Y}_t = 8,5797 - 0,071226 Y_{(t-1)}$ | CHSQ = 0,37915 [0,827] F = 0,18957 [0,829] |
| 12 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 7,7201 - 0,16433 Y_{(t-1)}$ | |

Aus dem Chow-Test geht lediglich zur 24. Stunde a.p. ein Bruch im Verlauf der Liegedauer hervor.

In der nachfolgenden Abbildung ist der Verlauf der Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests für die Liegedauer in den letzten 72 Stunden vor der Abkalbung dargestellt.

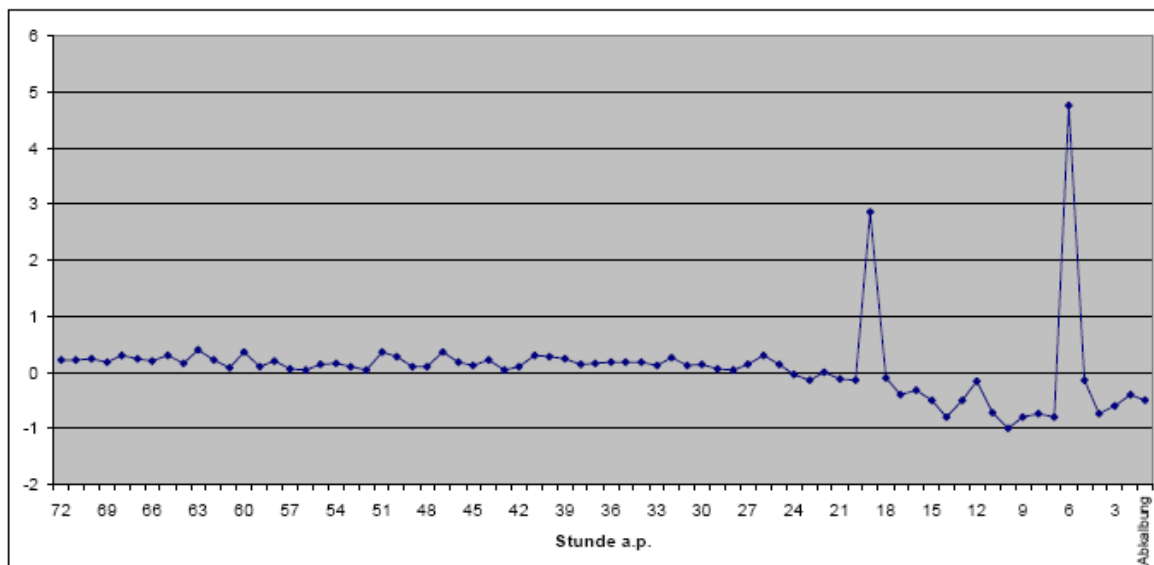


Abb. 61: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Liegedauer ab 72. Stunde a.p.

Im Zeitbereich von 72. bis ca. 24. Stunde a.p. variieren die Koeffizienten der Regressionsgleichungen geringfügig im Bereich zwischen +0,1 bis 0,0. Im Zeitabschnitt von 24. bis 22. Stunde a.p. verändern sich die Koeffizienten, verlassen den positiven Bereich und variieren bis zur 3. Stunde a.p. um den Wert -0,5. Die Aussagefähigkeit dieses Sachverhalts dürfte ähnlich zuverlässig sein wie für die Schrittzahl je Stunde diskutiert wurde.

Schrittzahl, Gesamtbewegungsdauer und Liegedauer zeichnen sich durch einen mathematisch definierten Bruch im Kurvenverlauf dieser Verhaltensparameter zur 24. Stunde a.p. aus und ermöglichen, den Abkalbezeitpunkt relativ genau zu bestimmen.

4.4.3 Zeitreihenanalyse für Bewegungsaktivität und Ruheverhalten unter Berücksichtigung des Geburtsverlaufs

4.4.3.1 Schrittzahl

Die folgende Abbildung zeigt die CUSUMQ-Kurve der Schrittzahl der Versuchstiere innerhalb der letzten 72 Stunden a.p.

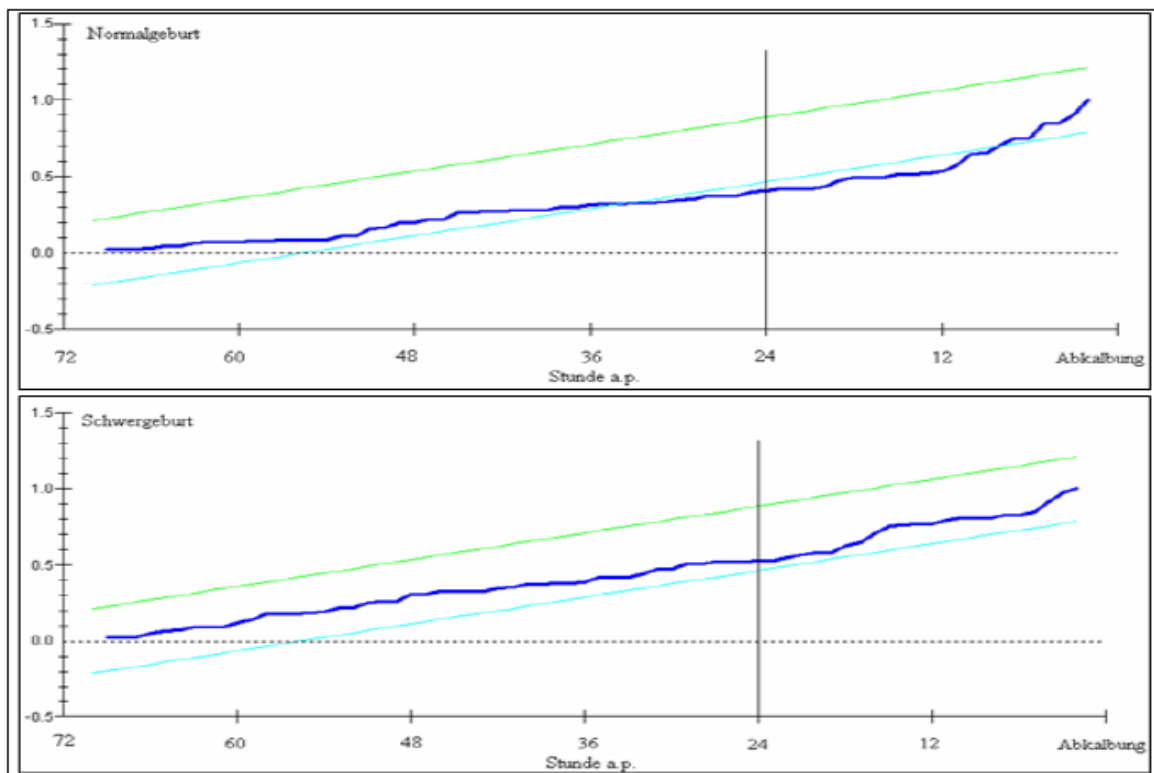


Abb. 62: CUSUMQ der Schrittzahl der Versuchstiere mit Normal- und Schwergewürten

Die CUSUMQ-Kurve der Schrittzahl verläuft für normal und schwer gebärende Kühe mit einem stetigen Anstieg, wobei die Kurve bei SG-Kühen innerhalb des 5%-Signifikanz-Niveaus verläuft, während bei normal gebärenden Kühen die Kurve über einen längeren Zeitraum diesen Signifikanzbereich verlässt.

In der folgenden Tabelle sind die Ergebnisse des Chow-Tests wiedergegeben.

Tab. 23: Funktionsbeschreibung und Chow-Test der Schrittzahl

| Stunde a.p. | Normalgeburten | Schweregeburten |
|------------------------|---|---|
| 72 - Abkalbung. | $\hat{Y}_t = 76,6388 + 0,51789 Y_{(t-1)}$ | $\hat{Y}_t = 108,5196 + 0,38219 Y_{(t-1)}$ |
| 72 - 24 | $\hat{Y}_t = 156,6052 - 0,047648 Y_{(t-1)}$ | $\hat{Y}_t = 159,4956 + 0,021712 Y_{(t-1)}$ |
| 24 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 98,4188 + 0,44516 Y_{(t-1)}$ | $\hat{Y}_t = 99,3700 + 0,51116 Y_{(t-1)}$ |
| Chow-Test | CHSQ = 25.8961[0.000] F = 12.9480[0.000] | CHSQ = 17.7622[0.000] F = 8.8811[0.000] |

Der Chow-Test führt zu keinerlei deutlich unterschiedlichen Gleichungen und Koeffizienten zwischen NG- und SG-Kühen. Die nächste Abbildung beinhaltet die Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests der Schrittzahl für normal und schwer gebärende Kühe von der 72. Stunde a.p. bis zur Abkalbung.

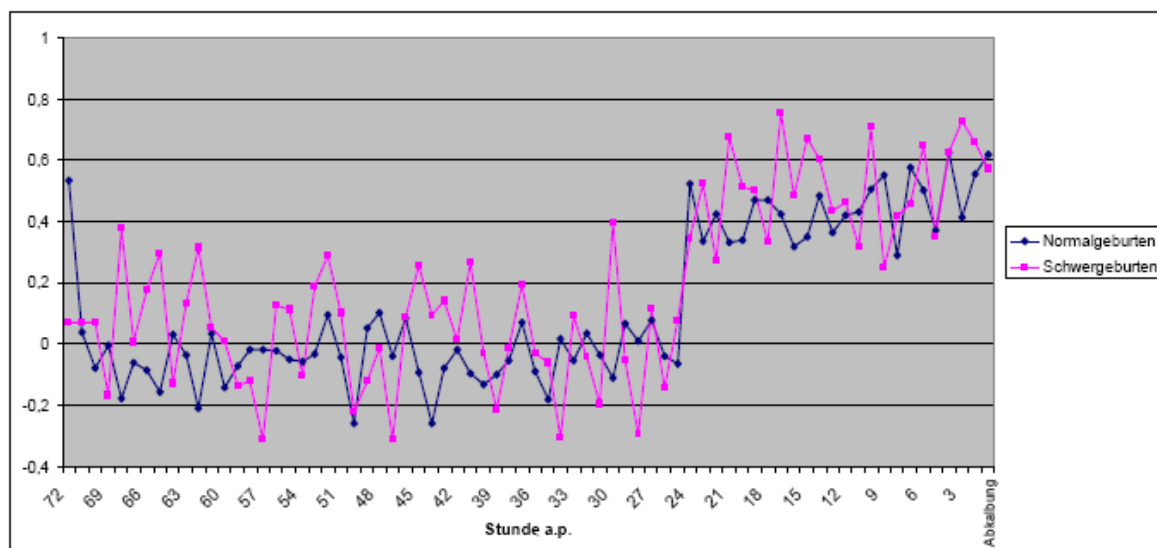


Abb. 63: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Schrittzahl bei Normal- und Schweregeburt-Kühen ab 72. Stunde a.p.

Im Bereich von 72. bis ca. 24. Stunde a.p. schwankt der Koeffizient der Regressionsgleichungen bei Normalgeburten zwischen +0,5 und -0,3. Bei schwer gebärenden Tieren variieren die Koeffizienten von +0,4 und -0,3, also sowohl im positiven als auch im negativen Bereich liegend. Beide Gruppen weisen eine sehr deutliche Änderung des Verlaufs der Regressionskoeffizienten zur 24. Stunde a.p. auf.

Bei Normalgeburten verändern sich die Koeffizienten im Bereich von 24. bis 22. Stunde a.p. sehr deutlich, und erreichen Werte im Bereich um $+0,5$. In den letzten 3 Stunden a.p. sank der Koeffizientenwert auf ca. $+0,3$.

Bei zu erwartenden Schwergeburten veränderten sich im Zeitabschnitt von 24. bis 20. Stunde a.p. die Koeffizienten sehr stark, schwenkten ebenfalls in den positiven Bereich ein und erreichten einen Wert von $+0,5$. Auch in diesem Zeitabschnitt variieren die Schwankungen deutlich intensiver als bei normal gebärenden Tieren. Zur 3. Stunde a.p. gehen die Werte der Koeffizienten auf $+0,7$ und unterscheiden sich somit sichtbar vom Verlauf bei Normalgeburten. Wesentliches Unterscheidungskriterium des Koeffizientenverlaufs normal- und schwerkalbender Tiere ist die Amplitude der Schwankungen.

4.4.3.2 Gesamtbewegungsdauer

Die folgende Abbildung gibt die CUSUMQ-Kurve der Gesamtbewegungsdauer der Versuchstiere im Verlauf der letzten 72 Stunden a.p. wieder.

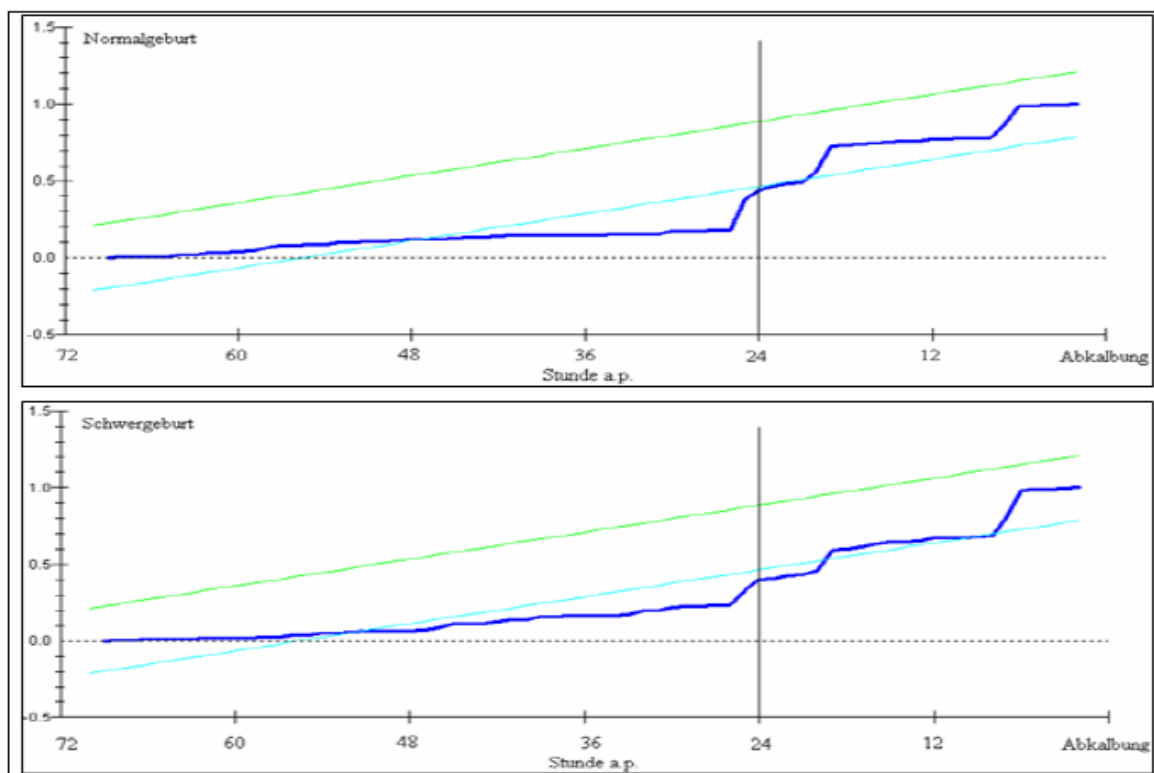


Abb. 64: CUSUMQ der Gesamtbewegungsdauer bei Versuchstieren mit Normal- und Schwergeburten

Die CUSUMQ-Kurve der Bewegungsdauer verläuft bei normal und schwer gebärenden Kühen ähnlich. Sie zeigt zwischen 22. und 40. Stunde a.p. bei NG-Kühen und zwischen 18. und 46. Stunde a.p. bei SG-Kühen keinen stationären Verlauf. Aus dem Chow-Test resultieren in allen Zeitbereichen keinerlei deutlich unterschiedliche Gleichungen und Koeffizienten zwischen NG- und SG-Kühen.

Die folgende Tabelle beinhaltet die Ergebnisse des Chow-Tests der Bewegungsdauer der Versuchstiere ab 72. Stunde vor der Abkalbung.

Tab. 24: Funktionsbeschreibung und Chow-Test der Gesamtbewegungsdauer

| Stunde a.p. | Normalgeburten | Schwergeburten |
|------------------------|---|---|
| 72 - Abkalbung. | $\hat{Y}_t = 5,3956 + 0,85904 Y_{(t-1)}$ | $\hat{Y}_t = 8,3382 + 0,77245 Y_{(t-1)}$ |
| 72 - 24 | $\hat{Y}_t = 24,1052 + 0,11702 Y_{(t-1)}$ | $\hat{Y}_t = 25,0411 + 0,078545 Y_{(t-1)}$ |
| 24 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 56,9297 - 0,07495 Y_{(t-1)}$ | $\hat{Y}_t = 53,6681 - 0,045520 Y_{(t-1)}$ |
| Chow-Test | CHSQ = 93.5612[0.000] F = 46.7806[0.000] | CHSQ = 61.6138[0.000] F = 30.8069[0.000] |

Die nächste Abbildung demonstriert den Verlauf der Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests der Bewegungsdauer für normal im Vergleich zu schwer gebärende Kühe von der 72. Stunde a.p. bis zur Abkalbung.

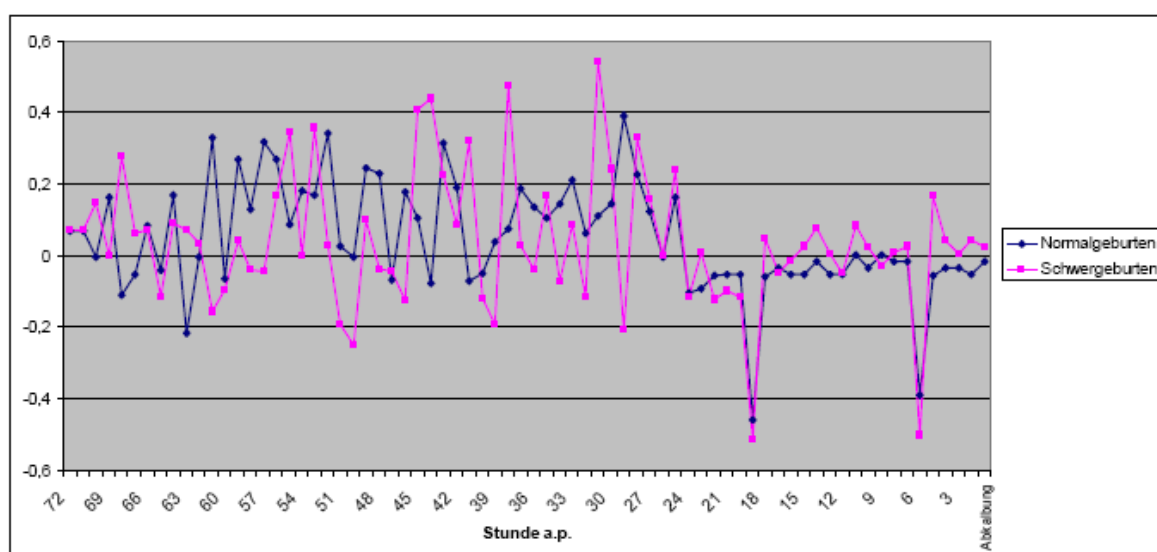


Abb. 65: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Bewegungsdauer bei Normal- und Schweregeburt-Kühen ab 72. Stunde a.p.

Im Bereich von 72. bis ca. 24. Stunde a.p. schwankt der Koeffizient der Regressionsgleichungen bei Normalgeburten zwischen +0,3 und -0,1. Bei schwer gebärenden Tieren variieren die Koeffizienten von +0,5 bis -0,2, also sowohl im positiven als auch im negativen Bereich liegend. Beide Gruppen zeigen eine geringe Änderung des Verlaufs der Regressionskoeffizienten zur 24. Stunde a.p.

Bei Normalgeburten verändern sich die Koeffizienten im Bereich von 24. bis 22. Stunde a.p. und erreichen Werte im Bereich um -0,1. In den letzten 3 Stunden a.p. betrug der Koeffizientenwert ebenfalls -0,1.

Bei zu erwartenden Schwergeburten veränderten sich im Zeitabschnitt von 24. bis 20. Stunde a.p. die Koeffizienten und erreichten einen Wert von -0,1. Auch in diesem Zeitabschnitt variieren die Schwankungen deutlich stärker als bei normal gebärenden Tieren. Zur 3. Stunde a.p. gehen die Werte der Koeffizienten gegen Null. Somit ergaben sich kaum deutlich voneinander abgrenzbare Differenzen im Verlauf dieses Koeffizienten zwischen Schwer- und Normalgeburten.

4.4.3.3 Liegedauer

Die folgende Abbildung zeigt die CUSUMQ-Kurve der Liegedauer der Versuchstiere für die letzten 72 Stunden a.p.

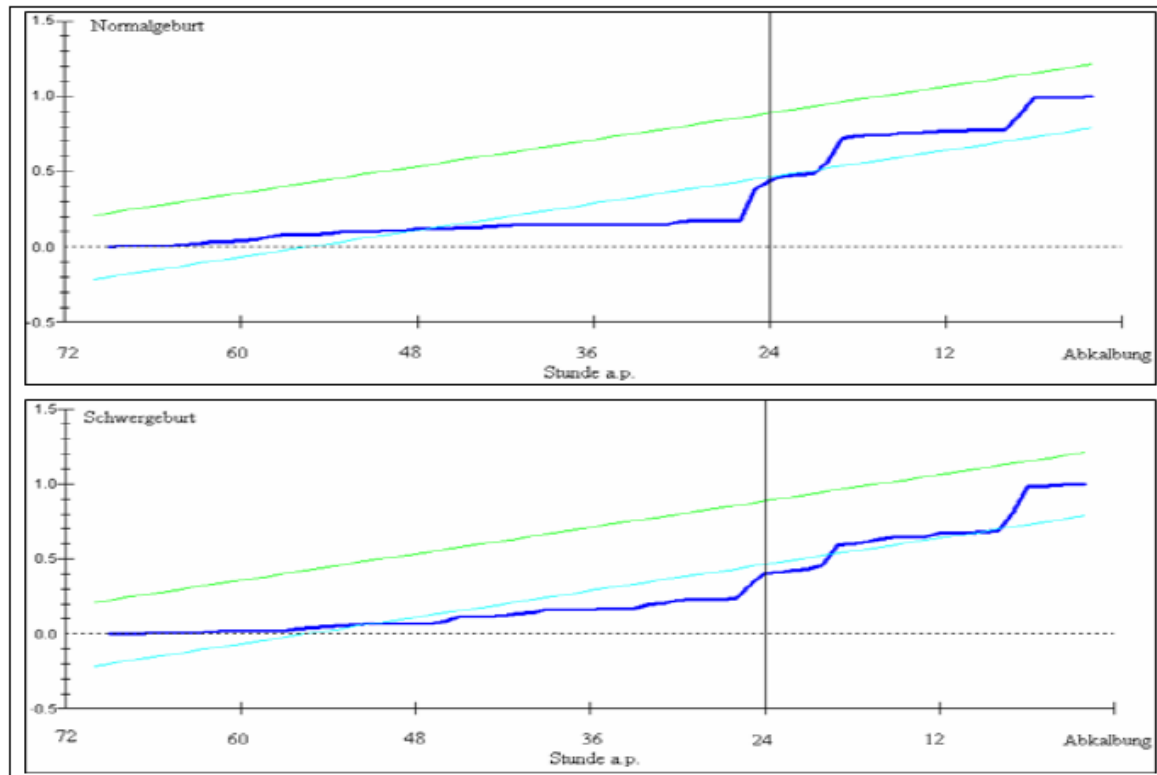


Abb. 66: CUSUMQ der Liegedauer bei Versuchstieren mit Normal- und Schwergewürten

Die CUSUMQ-Kurve der Liegedauer ist bei normal und schwer gebärenden Kühen bis zur 48. Stunde a.p. durch einen flachen Verlauf gekennzeichnet. Sie verlässt über längere Zeit den Bereich des 5%-Signifikanz-Niveaus. Zur 48., 56. und 68. Stunde vor der Abkalbung verlaufen die Kurven stufenartig. Zwischen der 22. und 40. Stunde a.p. bei den NG-Kühen sowie der 18. bis 48. Stunde a.p. bei SG-Kühen ist der Kurvenverlauf als nicht stationär zu bewerten. Der Chow-Test zeigt keine verwertbaren Unterschiede zwischen den Gleichungen und Koeffizienten zwischen normal und schwer gebärenden Kühen, alle Zeitbereiche betreffend (Tab.25).

Tab. 25: Funktionsbeschreibung und Chow-Test der Liegedauer

| Stunde a.p. | Normalgeburten | Schwergeburten |
|------------------------|---|---|
| 72 - Abkalbung. | $\hat{Y}_t = 3,0622 + 0,85904 Y_{(t-1)}$ | $\hat{Y}_t = 5,3094 + 0,77280 Y_{(t-1)}$ |
| 72 - 24 | $\hat{Y}_t = 29,2517 + 0,11072 Y_{(t-1)}$ | $\hat{Y}_t = 30,0819 + 0,084131 Y_{(t-1)}$ |
| 24 - Abkalbung | $\hat{Y}_t = 7,5673 - 0,074951 Y_{(t-1)}$ | $\hat{Y}_t = 9,0631 - 0,045520 Y_{(t-1)}$ |
| Chow-Test | CHSQ = 93.5612 [0.000] F = 46.7806 [0.000] | CHSQ = 61.6131 [0.000] F = 30.8066 [0.000] |

Die nächste Abbildung gibt einen Überblick über den Verlauf der Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests für den Parameter Liegedauer für normal im Vergleich zu schwer gebärenden Kühe von der 72. Stunde a.p. bis zur Abkalbung.

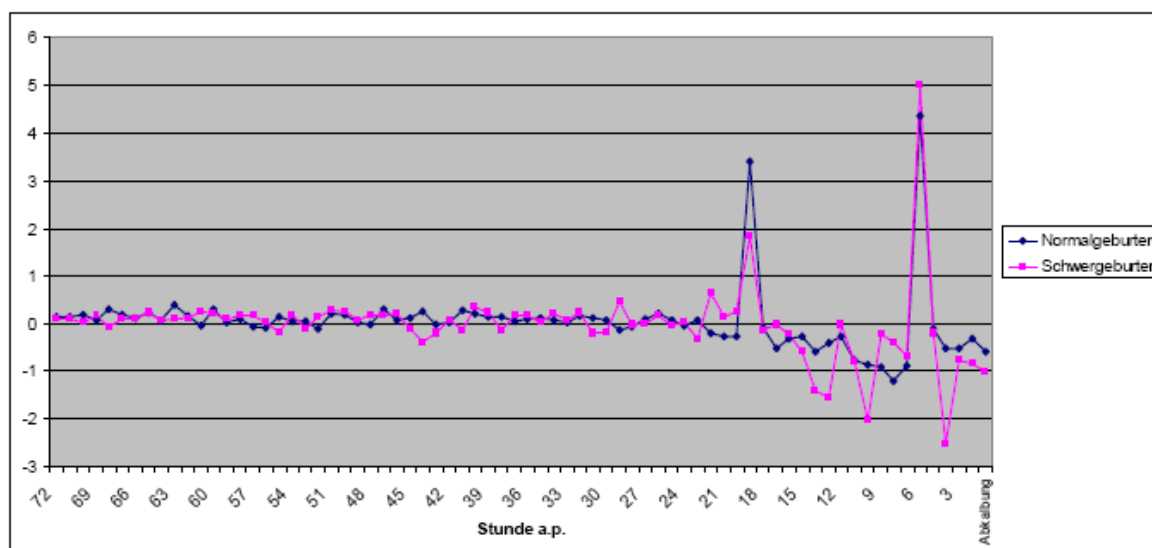


Abb. 67: Koeffizienten der Regressionsgleichungen des Chow-Tests zur Liegedauer bei Normal- und Schwergeburten ab 72. Stunde a.p.

Im Bereich von 72. bis ca. 24. Stunde a.p. zeigt der Koeffizient der Regressionsgleichungen bei Normal- und Schwergeburten einen konstanten Verlauf und kaum Unterschiede im Betrag der Werte, die zwischen +0,5 und -0,3 pendeln. Bei schwer gebärenden Tieren variieren die Koeffizienten von -0,1 und +0,2. Beide Gruppen weisen eine sehr deutliche Änderung des Verlaufs der Regressionskoeffizienten zur 18. Stunde a.p. auf. Bei Normalgeburten verändern sich die Koeffizienten im Bereich von 24. bis 18. Stunde a.p. sehr deutlich und erreichen Werte um +3,5, danach wieder in den negativen Bereich abfallend. Ein kurzzeitiger Ausschlag in den stark positiven Bereich tritt ca. 5 Stunden a.p. in Erscheinung. In den letzten 3 Stunden a.p. sank der Koeffizientenwert auf ca. -0,7.

Bei zu erwartenden Schweregeburten veränderten sich im Zeitabschnitt von 24. bis 18. Stunde a.p. die Koeffizienten sehr deutlich und schwenkten ebenfalls in den positiven Bereich, einen Wert von +2,0 erreichend. Auch bei diesen Tieren war ein Peak in den positiven Bereich zur 5. Stunde a.p. feststellbar. Zur 3. Stunde a.p. gehen die Werte der Koeffizienten auf -0,9 zurück.

5 Schlussfolgerungen

Aus den vorliegenden Ergebnissen ist zu schlussfolgern, dass Verhaltensmerkmale der Futter- und Wasseraufnahme sowie Merkmale des Bewegungs- und Liegeverhaltens bei kontinuierlicher Messung im antepartalen Zeitraum geeignet erscheinen, physiologisch und psychisch bedingte Veränderungen mit unterschiedlicher Trennschärfe anzuzeigen. Im Einzelnen gibt es folgende Feststellungen zu treffen.

5.1 Trockensubstanzaufnahme und Fressverhalten

- Hochtragende Kühe haben eine um ca. 20 % höhere Trockensubstanzaufnahme als hochtragende Färsen. Die Veränderungen im antepartalen Zeitraum folgen vergleichbaren Trends. Vom 7. Tag a.p. bis zum 1. Tag vor der Abkalbung sinkt die TS-Aufnahme bei Färsen und Kühen langsam und kontinuierlich. Am Tag vor der Abkalbung bis zur Geburt sinkt die TS-Aufnahme sehr deutlich um bis zur Hälfte.
- Ab 72. Stunde a.p. bis zur 24. Stunde a.p. schwankt die TS-Aufnahme bei leicht abnehmendem Trend, aber von der 24. Stunde a.p. an bis zur 4. Stunde a.p. sinkt die Futteraufnahme von Stunde zu Stunde. Ab 4. Stunde a.p. bis zum Geburtszeitpunkt fressen die Tiere nicht.
- Ab 40. Stunde a.p. bis zur 12. Stunde a.p. verläuft die CUSUMQ-Kurve der TS-Aufnahme außerhalb der Signifikanzgrenze und es liegt ein deutlicher Bruch zur 24. Stunde a.p. vor.
- Der Chow-Test zeigt einen deutlichen Bruch zur 24. Stunde a.p. und einen hoch signifikanten Regressionskoeffizienten ($P < 0,001$).
- Im Zeitbereich von 72. bis ca. 24. Stunde a.p. variieren die Koeffizienten der Regressionsgleichungen der TS-Aufnahme geringfügig im Bereich zwischen -0,1 bis -0,5. Im Zeitabschnitt von 24. bis 22. Stunde a.p. verändern sich die Koeffizienten sehr deutlich, schwenken in den positiven Bereich ein und variieren bis zur 3. Stunde a.p. um den Wert +1,0.

- Der Chow-Test führt zu deutlich unterschiedlichen Gleichungen, Gleichungskonstanten und Koeffizienten zwischen normal und schwer gebärenden Kühen in allen berechneten Zeitbereichen
- Im Verlauf der Fressdauer vom 7. bis zum 1. Tag vor der Abkalbung zeigen sich keine Unterschiede zwischen Färsen und Kühen. Einen Tag vor der Abkalbung sinkt die Fressdauer deutlich ab.
- Innerhalb der letzten 72 Stunden a.p. verlaufen die Veränderungen der Fressdauer ähnlich wie die der TS-Aufnahme, bis 24 Stunden a.p. leicht schwankend und ab 24. Stunde a.p. bis zum Abkalbezeitpunkt deutlich sinkend.
- Die CUSUMQ-Kurve der Fressdauer weist einen Bruch im Verlauf von der 40. Stunde bis zur 12. Stunde a.p. auf, der Bruch zur 24. Stunde a.p. ist weniger deutlich ausgeprägt im Vergleich zur TS-Aufnahme, weil die Kurve in dieser Stunde nahe der Signifikanzgrenze verläuft, andererseits zeigt der Chow-Test einen deutlichen Strukturbruch zur 24. Stunde a.p. an.
- Ähnlich der TS-Aufnahme variieren die Koeffizienten der Regressionsgleichungen der Fressdauer im Zeitbereich von 72. bis ca. 24. Stunde a.p. nur geringfügig zwischen Werten von -0,1 bis +0,3. Im Zeitabschnitt von 24. bis 22. Stunde a.p. verändern sich die Koeffizienten sehr deutlich, gehen in den positiven Bereich über und variieren bis zur 3. Stunde a.p. um den Wert +1,0
- Der Chow-Test der Fressdauer weist unterschiedliche Gleichungen und Koeffizienten zwischen normal und schwer gebärenden Kühen auf, auch im Zeitbereich der letzten 24 Stunden vor der Abkalbung.
- Der Verlauf der Fressfrequenz innerhalb der letzten 7 Tage vor der Abkalbung bis zum Geburtszeitpunkt ähnelt dem Verlauf der TS-Aufnahme und der Fressdauer. Der Rückgang am Tag der Abkalbung fällt allerdings geringer aus.
- Die Fressfrequenz sinkt deutlich ab 16. Stunde a.p.
- Die CUSUMQ-Kurve der Fressfrequenz liegt von der 42. Stunde a.p. bis zur 4. Stunde a.p. außerhalb der Signifikanzgrenze und besitzt einen deutlichen Bruch 24 Stunden vor der Abkalbung.
- Zur 24. Stunde vor der Abkalbung ist sowohl ein deutlicher Bruch als auch ein hoch signifikanter Regressionskoeffizient ($P < 0,001$) vorzufinden.

- Im Zeitbereich von 72. bis ca. 24. Stunde a.p. variieren die Koeffizienten der Regressionsgleichungen der Fressfrequenz geringfügig im Bereich zwischen +0,1 bis +0,5. Im Zeitabschnitt von 24. bis 22. Stunde a.p. verändern sich die Koeffizienten sehr deutlich, schwenken in den positiven Bereich ein und variieren bis zur 3. Stunde a.p. um den Wert +1,2.
- Der Chow-Test der Fressfrequenz weist sich deutlich unterscheidende Gleichungen und Koeffizienten zwischen normal und schwer gebärenden Kühen auf. Bei NG-Kühen ist kein Bruch zur 24. Stunde a.p. festzustellen.

5.2 Wasseraufnahme und Trinkverhalten

- Vom 3. Tag a.p. bis zur Geburt sinkt die Wasseraufnahme bei Färsen deutlich um bis zur Hälfte. Bei Kühen ist der Rückgang nur ab einem Tag vor der Abkalbung deutlich ausgeprägt.
 1. Die Wasseraufnahme unterliegt bis zum letzten Tag a.p. größeren Schwankungen, sie reduziert sich aber ab 24. Stunde vor der Abkalbung. In den letzten sechs Stunden vor Abkalbebeginn trinken die Kühe nicht mehr.
 2. Der Verlauf der Trinkdauer vom 7. Tag a.p. bis zur Geburt zeigt, dass die Trinkdauer bei Kühen höher als bei den Färsen war.
 3. Der Verlauf der Trinkfrequenz weist Unterschiede zwischen Färsen und Kühen ab dem 5. Tag a.p. auf. Die Trinkfrequenz sinkt bei Färsen ab 5 Tage a.p. bis zum Geburtszeitpunkt. Kühe reduzieren die Trinkfrequenz erst am Tag vor der Abkalbung.
 4. Ab 24. Stunde a.p. sanken die Trinkdauer und Trinkfrequenz kontinuierlich ab.
- Ab 30 Stunden a.p. bis zur 6. Stunde a.p. verlaufen die CUSUMQ-Kurven der Wasseraufnahme, Trinkdauer und Trinkfrequenz außerhalb der Signifikanzgrenze. Deutliche Strukturbrüche treten zur 24. Stunde und zur 12. Stunde a.p. in Erscheinung.
- Der Chow-Test für Trinkverhalten (Dauer und Frequenz) und Wasseraufnahme zeigt einen deutlichen Bruch zur 24. Stunde a.p. und hoch signifikante Regressionskoeffizienten zur 24. sowie zur 12. Stunde a.p. ($P < 0,001$).

- Die Regressionsgleichungen der Parameter des Trinkverhaltens (Dauer und Frequenz) und Wasseraufnahme besitzen deutliche Änderungen ab 24. Stunde a.p. bis zum Geburtszeitpunkt.
- Die CUSUMQ-Kurven und Chow-Tests für Trinkverhalten und Wasseraufnahme zeigen einen deutlichen Bruch zur 24. Stunde a.p. bei normal und schwer gebärenden Kühen.

5.3 Bewegungsaktivität und Ruheverhalten

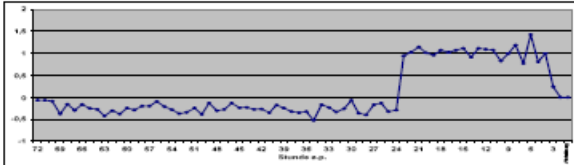
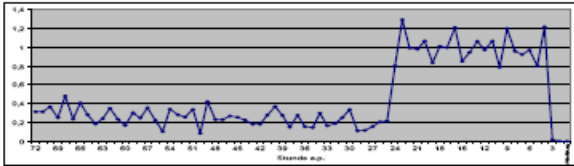
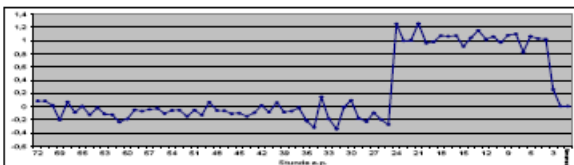
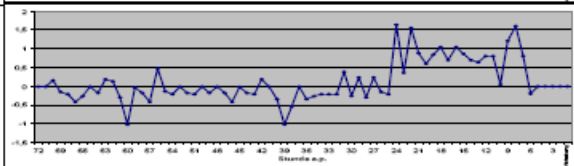
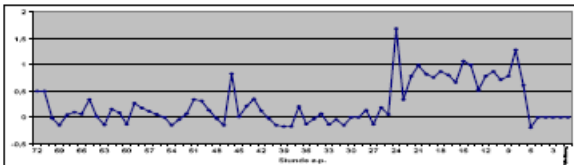
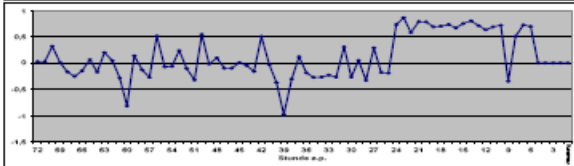
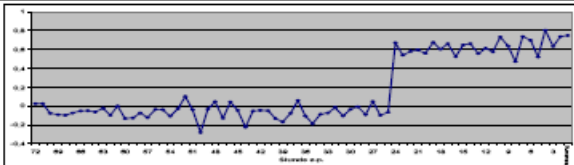
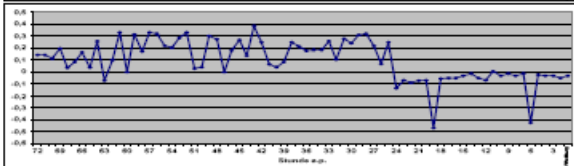
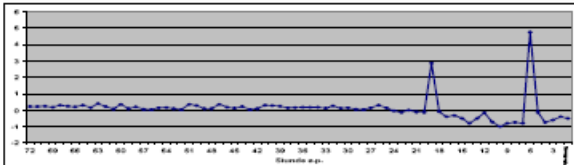
- Schrittzahl und Gesamtbewegungsdauer bei Färsen und Kühen steigen deutlich ab einem Tag vor der Abkalbung an.
- Die Gesamtliegedauer sinkt bei Färsen und Kühen von Tag zu Tag und reduziert sich weiter am Tag der Abkalbung.
- Die Anzahl der Schritte unterliegt von 72 Stunden a.p. bis 12 Stunden a.p. Schwankungen, doch ab 12. Stunde a.p. steigt die Schrittzahl pro Stunde deutlich an und erreicht die höchsten Werte zur Stunde der Abkalbung.
- Der Verlauf der Gesamtbewegungsdauer ändert sich ab 24 Stunden a.p. von niedrigen Werten zum höchsten Wert. Zur 19. und zur 6. Stunde a.p. sinkt die Gesamtbewegungsdauer kurzzeitig sehr deutlich ab.
- Der Verlauf der Gesamtliegedauer ändert sich ab 24. Stunde a.p. vom höchsten Wert zum niedrigsten Wert. Im Verlauf der letzten 24 Stunden a.p. steigt die Gesamtliegedauer zur 19. und 6. Stunde a.p. kurzzeitig deutlich an.
- Ab 30. Stunde a.p. bis zur 10. Stunde a.p. verläuft die CUSUMQ-Kurve der Schrittzahl außerhalb der Signifikanzgrenze. Der Chow-Test zeigt einen deutlichen Bruch zur 24. Stunde a.p. und einen hoch signifikanten Regressionskoeffizienten ($P < 0,001$).
- Ab 40. Stunde a.p. bis zur 18. Stunde a.p. liegt der Verlauf der CUSUMQ-Kurven für die Gesamtbewegungsdauer sowie Gesamtliegedauer außerhalb der Signifikanzgrenze. Der Chow-Test zeigt deutliche Brüche zur 24. Stunde a.p. mit hoch signifikanten Regressionskoeffizienten ($P < 0,001$).

- Die CUSUMQ-Kurven und Chow-Tests für Schrittzahl, Gesamtliegedauer und Gesamtbewegungsdauer weisen einen deutlichen Bruch zur 24. Stunde a.p. auf, sowohl bei normal als auch bei schwer gebärenden Kühen.

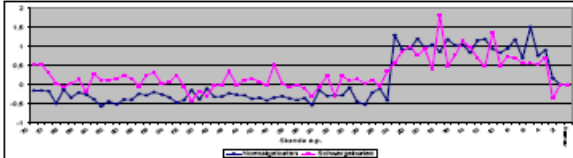
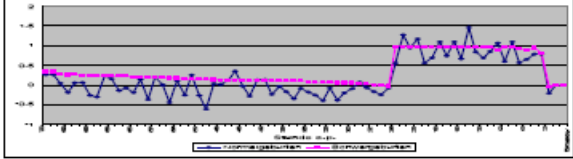
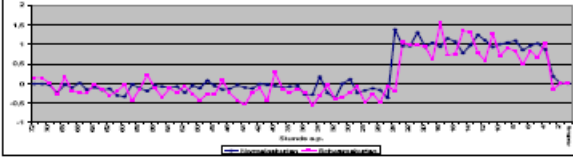
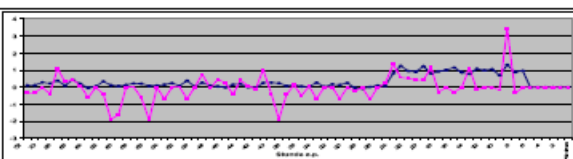
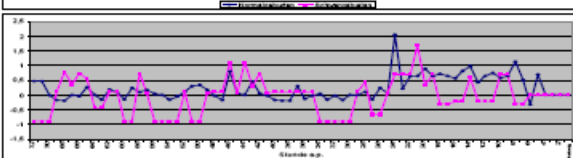
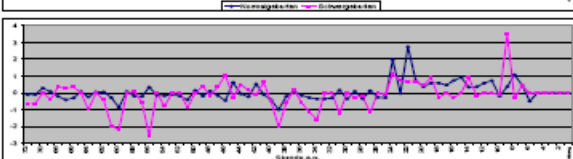
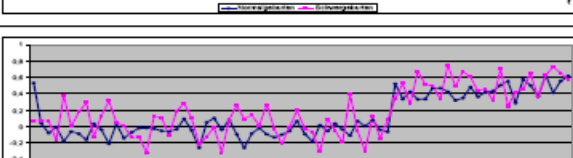
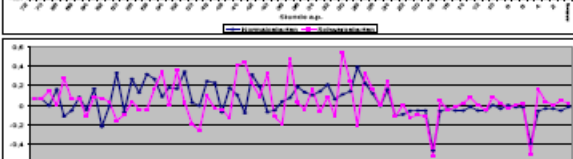
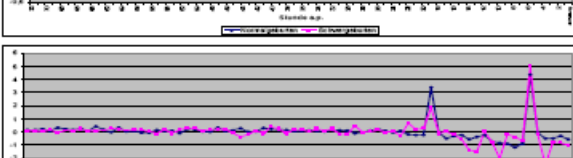
Abschließend lässt sich hinsichtlich der vorausschauenden Beurteilung des zu erwartenden Geburtsverlaufs sowie in Bezug auf eine Eignung zur Vorhersage des Abkalbezeitpunktes feststellen, dass die zur Auswertung genutzten Verhaltensparameter zur Ableitung eines Berechnungsmodells geeignet erscheinen. Dabei hat die Interpretation in zwei Schritten zu erfolgen:

1. einer qualitativen Bewertung, um mit Sicherheit zu ermitteln, ob überhaupt ein Strukturbruch vorliegt und daran anschließend
2. der Ermittlung einer quantitativen Aussage, die an Hand der Berechnung der Regressionskoeffizienten erfolgt und deren Vergleich von Stunde zu Stunde im antepartalen Zeitraum ermöglicht, Änderungen in der Kontinuität und in der Richtung des Verlaufs der Koeffizienten im Bezugsbereich erfassen zu können und die Deutlichkeit des Strukturbruches auf Basis der absoluten Höhe des Verlaufssprungs der Koeffizienten vom Bezugsbereich vor dem Strukturbruch im Vergleich zum daran anschließenden Bereich mathematisch präzise nutzen zu können. In der nachfolgenden Tabelle wird auf die unterschiedliche Eignung der Anwendbarkeit der einzelnen Verhaltensparameter für die Nutzung in einem Vorhersagemodell hingewiesen.

Tab. 26: Zusammenfassung der Aussagefähigkeit der Parameter in Bezug auf Geburtstermin

| Parameter | Geburtstermin | |
|------------------------------|--|--|
| | Verlaufsdarstellung(Koeffizient) | Wertung |
| TS-Aufnahme |  | - sehr deutliche Änderung aller Parameter zur 24. Stunde a.p. |
| Fressfrequenz |  | - stabiler Werteverlauf vor und nach dem Bruch bei TS-Aufnahme und Fressdauer |
| Fressdauer |  | - Vorzeichenwechsel bei Strukturbruch für TS-Aufnahme |
| Wasseraufnahme |  | - alle Parameter zeigen eine Änderung zur 24. Stunde a.p. |
| Trinkfrequenz |  | - aber große Variationen im Koeffizientenverlauf und weniger deutlich ausgeprägte Wertedifferenz im Verlauf vor und nach dem Strukturbruch |
| Trinkdauer |  | - nicht gut geeignet |
| Schrittzahl |  | - Schrittzahl gut geeignet zur Vorhersage des Geburtstermins (deutliche Änderung zur 24. Stunde a.p., stabiler Verlauf der Koeffizienten vor und nach dem Strukturbruch) |
| Dauer für Stehen und Bewegen |  | - Bewegungs- und Liegedauer wenig geeignet |
| Liegedauer |  | |

Tab. 27: Zusammenfassung der Aussagefähigkeit der Parameter in Bezug auf Geburtsverlauf

| Parameter | Geburtsverlauf | |
|------------------------------|--|---|
| | Verlaufsdarstellung(Koeffizient) Rot (SG.), Blau (NG.) | Wertung |
| TS-Aufnahme |  | - für alle Parameter bei NG und SG deutliche Änderungen ab 24. Stunde a.p. |
| Fressfrequenz |  | - bei SG verändert sich TS-Aufnahme weniger deutlich als bei NG |
| Fressdauer |  | - bei allen Tieren mit SG zeigt sich ein unruhiger Verlauf der Koeffizienten vor und nach dem Bruch |
| Wasseraufnahme |  | - bei NG keine deutlichen Veränderungen ab 24. Stunde a.p. |
| Trinkfrequenz |  | - bei allen Tieren mit SG zeigt sich ein unruhiger Verlauf der Koeffizienten vor und nach dem Bruch |
| Trinkdauer |  | |
| Schrittzahl |  | - bei allen Tieren mit SG deutlich unruhigerer Verlauf der Koeffizienten vor und nach dem Bruch für Parameter Schrittzahl |
| Dauer für Stehen und Bewegen |  | - sonst keine deutlichen Unterschiede im Verlauf der Koeffizienten aller Parameter zwischen NG und SG |
| Liegedauer |  | |

6 Zusammenfassung

In Untersuchungen an 76 hochtragenden Friesian Milchkühen wurden durch sensorgestützte Messverfahren die Parameter des Fress-, Wasseraufnahme-, Bewegungs- und Liegeverhaltens erfasst.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Analyse und Modellierung ausgewählter Verhaltensparameter von Hochleistungskühen im antepartalen Zeitraum mittels automatischer Überwachungssysteme. Ein weiteres Ziel war die Bewertung der Verhaltensparameter in Bezug auf ihre Aussagequalität bei der Erkennung von Abkalbungen und Geburtsverlauf.

Die Studie zeigt, dass die Merkmale des Tierverhaltens der Milchkühe kurz vor der Geburt geändert wurden.

In Kombination mit geeigneten Auswertungsmethoden können Parameter des sensorgestützten Tiermonitoring genutzt werden, um den Zeitpunkt und den Verlauf der Abkalbung vorhersagen zu können.

Mit Hilfe einer Strukturbruchanalyse wurde 24 Stunden vor der Abkalbung ein deutliches Signal registriert, für alle Tiere zutreffend und unabhängig vom Geburtsverlauf, das geeignet ist, die Vorhersage des Geburtszeitpunktes vorzunehmen. Für die letzten 24 Stunden a.p. konnten für Kühe mit leichtem oder schwerem Geburtsverlauf sehr unterschiedliche Konstanten und Koeffizienten des Gleichungssystems berechnet werden.

Es ist festzuhalten, dass ausgewählte Parameter des sensorgestützten Tiermonitoring in Kombination mit den zur Anwendung gelangten Auswertungsmethoden (Strukturbruchanalyse) geeignet sind, sowohl den Zeitpunkt als auch den Grad des Abkalbeverlaufs vorhersagen zu können.

Literaturverzeichnis

- Alisch, K.; Arentzen, U.; Winter, E. (2004): Gabler Wirtschafts Lexikon. 16. vollständige Auflage, Gabler Verlag.
- Andrew, S. M.; Erdman, R. A.; Waldo, D. R. (1995): Prediction of body composition of dairy cows at three physiological stages from deuterium oxide and urea dilution. J. Dairy Sci. 78:1083– 1095.
- Anne, K. S. (2005) : Entwicklung einer Intraruminalen Datenmesseinheit als Managementhilfen der Milchviehhaltung. Dissertation –Kiel Universität.
- Arase, K.; York, D. A.; Shimizu, H.; Shargill, N.; Bray, G. (1988): Effect of corticotropinreleasing factor on food intake and brown adipose tissue thermo genesis in rats. Am. J. Physiol. 255, E255-E259
- Auman,J.; Thaller, G.; Fürst, C. (1996): Zuchtwertschätzung für Fruchtbarkeit und Kalbeverlauf. Seminar des genetischen Ausschusses der ZAR(Zentrale Arbeitsgemeinschaft österreichischer Rinderzüchter) Salzburg, März 1996
- Azizi, O.; Kaufmann, O.; Hasselmann, L. (2007): Untersuchungen zum Fressverhalten hochleistender Milchkühen in der Früh lactation. Züchtungskunde 79, (3) S. 219 – 230
- Azizi, O. (2008): Relationships between feeding behaviour and feed intake in dairy cows during early lactation. Dissertatation, Humboldt-Universität zu Berlin
- Bahr, C. (2006): Sensorbasierte Analyse und Modellierung ausgewählter Verhaltensparameter von Mutterkühen. Diss., HU-Berlin.
- Baier, W.; Schaetz, F. (1984): Tierärztliche Geburtskunde ,5. Auflage, Enke Verlag Stuttgart, 209-211
- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2003): Zuchtwertschätzung für Kalbeverlauf und Totgeburtenrate. www.ifl.bayern.de/itz/rind/03114
- Bell, A. W.; Slepatis, R.; Ehrhardt, R. A. (1995): Growth and Accretion of Energy and Protein in the Gravid Uterus during Late Pregnancy in Holstein Cows.J. Dairy Sci. 78, 1954-1961

- Bell, A.W. (1995): Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *J. Anim. Sci.* 73:2804-2819
- Bendixen, P. H.; Vilson, B.; Ekesbo, I.; Åstrand, D. B. (1986): Disease frequencies in dairy cows in Sweden. I. Dystocia. *Prev. Vet. Med.* 4, 307-316
- Berger, P. J.; Cuba, A. C.; Koehlert, K. J.; Healey, M. H. (1992): Factors Affecting Dystocia and Early Calf Mortality in Angus Cows and Heifers. *J. Anim. Sci.* 1992. 70:1775-1786
- Berger, P. J. (1994): Genetic predictions for calving ease in the United States: data, models, and use by the dairy industry. *J.Dairy Sci.* 77:1146.
- Bertics, S. J.; Grummer, R. R.; Cadorniga, V. C.; Stoddard, E. E. (1992): Effect of prepartum dry matter intake on liver triglyceride concentration and early lactation. *J. Dairy Sci.* 75, 1914-1922
- Block, E.; Sanchez, W. (2000): "Special nutritional needs of the transition cow." Mid. South Nutrition Conference, 2000, Dallas,
<http://www.txanc.org/proceedings/2000/trancow.pdf>
- Blum, J.W. (2004): Stoffwechselleistungen der Milchdrüse des Rindes. Übers. *Tierernährg.* 32:182-201
- Böhrnsen, A. (2003): Elektronisch Schritte Zählen. *Profi-Magazin für Agrartechnik, Ausgabe 2/2003*, S. 74-76.
- Brade, W.(2001) :Wichtige Verhaltenscharakteristika des Rindes. *Milchpraxis 3/ 2001*.
- Bredahl, R. L. (1970): Beef-dairy cows breeding: A study of birth traits. Ph.D. Dissertation, Iowa State Univ., Ames. Univ. Microfilm No. 71-14207.
- Brehme, U.; Bahr, C.; Holz, R. (2003a): Comparison investigations for function from pedometer on ankles and neck transponder by oestrus detection in cattle ATB Bornim.
- Brehme, U.; Bahr, C.; Holz, R. (2003 b): Brunsterkennung von Rindern- Vergleichsuntersuchungen zur Arbeitsweise von Pedometern und Halsbandrescountern. *Landtechnik 2/2003*

- Brehme, U.; Stollberg, U.; Holz, R.; Schleusner, T. (2006): ALT Pedometer- a new sensor-aided measurement system for improvement in oestrus detection at dairy cows. *Zemedelska Technik, Prague, Volume 52, Heft 1*, 1-10
- Bremmer, D.R.; Christensen, J.O.; Grummer, R.R. (1999): Effect of Induced Parturition and Estradiol on Feed Intake, Liver Triglyceride Concentration, and Plasma Metabolites of Transition Dairy Cows. *J Dairy Sci* 82: 1440-1448
- Buchenauer, D. (1981): Erfassung von Verhaltensweisen unter Berücksichtigung von Zeitintervallen. 2. GfT-Seminar, Angewandte Nutztierethologie an der Bayerischen Landesanstalt für Tierzucht, Grub
- Buchwalder, T.; Wechsler, B.; Hauser, R.; Schaub, J.; Friedli, K. (2000): Liegeplatzqualität für Kühe im Boxenlaufstall im Test. *Agrarforschung* 7, 292-296
- Busch, W.; Methling, W.; Amselgruber, W. (2003): Tiergesundheits- und Tierkrankheitslehre. Parey Verlag. Stuttgart 2003
- Collier, R.J.; Doelger, S.G.; Head, H.H.; Thatcher, W.W.; Wilcox, C.J. (1982): Effects of heat stress during pregnancy on maternal hormone concentrations, calf birth Weight and postpartum milk yield of Holstein cows. *J. Anim. Sci.*, 54: 309-319
- Conrad, H.R.; Pratt, A.D.; Hibbs, J.W. (1964): Regulation of feed intake in dairy cows. I. Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. *Journal of Dairy Science* 47: 54-62
- Crosse, S.; Soede N (1988): The incidence of dystocia and perinatal mortality on commercial dairy farms in the South of Ireland. *Irish Vet. J.*, 42: 8 – 12
- Dado, R. G.; Allen, M. S. (1994): Variation in and relationships among feeding, chewing, and drinking variables for lactating Dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77:132
- Dahlborn, K.; Akerlind, M.; Gustafson, G. (1998): Water intake by dairy cows selected for high or low milk-fat percentage when fed two forage to concentrate ratios with hay or silage. *Swedish J. Agric. Res.* 28:167– 176.
- Dematawewa, C.M.B.; Berger, J. (1997): Effect of dystocia on yield, fertility, and cow losses and an economic evaluation of dystocia scores for Holsteins *J. Dairy Sci.* 80, 754-761

- Djemali, M.; Freeman, A. E.; Berger, P. J. (1987): Reporting of Dystocia Scores and Effects of Dystocia on Production, Days Open, and Days Dry from Dairy Herd Improvement Data. *J. Dairy Sci* 70:2127-2131.
- Dobrinski, I.; Aurich, J. E.; Grunert, E.; Hoppen, H. O. (1991): Endogenous opioid peptides in cattle during pregnancy, parturition, and the neonatal period. *Dtsch. Tierärztl. Wochenschr.* 98:224.
- Drackley, J. K. (1999): Biology of dairy cows during the transition period: the final frontier *J. Dairy Sci.* 82, 2259-2273
- Edwards, J. L.; Tozer, P.R. (2004): Using Activity and Milk yield as predictors of fresh cow disorders. *J. Dairy Sci.* 83: 1939-1945
- Erb, R. E.; Frances D'Amico, M.; Chew, B. P.; Malven, P. V.; Claudie, N. Z. (1981): Variables Associated with Peripartum Traits in Dairy Cows. VIII. Hormonal Profiles Associated with Dystocia. *J. Anim Sci* 1981. 52:346-358.
- Faya, B.; Fayet, J.C.; Genest, M.; Chassagne, M. (1986): Enquête éco-pathologique continues: 10. Variations des fréquences rathologiques en élevage bovin laitier en fonction de la saison, de l'année et du numéro de lactation. *Ann. Rech. Vét.* 17, 233-246
- Fiedler, A. (2002): Eine starke Basis für hohe Leistungen –Klauen-und Gliedmaßengesundheit in Milchviehherden. *Neue Landwirtschaft, Ausgabe 11/2002, Sonderheft Rind* S. 15-18.
- Fitch, J.B; McGilliard, P.C; Drumm, G.M. (1924): A study of the birth weight and gestation of dairy animals. *J. Dairy Sci.*: 222-233
- Franke, C. (2004): Identifikationssysteme und sensorbasiertes Datenmanagement für ausgewählte Reproduktions- und Gesundheitsparameter in der Milchviehhaltung- Literaturanalyse. Masterarbeit- Humboldt-Universität
- Friend, T.H.; Polan, C.E.; McGilliard, M.L. (1977): Free stall and feed bunk requirements relative to behavior, production and individual feed in-take in dairy cows. –In: *Journal of Dairy Science*, 60: S. 108-116.

- Geelenm, J. H.; Wensing, T. (2006): Studies on hepatic lipidosis and coinciding health and fertility problems of high-producing dairy cows using the "Utrecht fatty liver model of dairy cows". A review. *Veterinary quarterly* Sep; 28(3):90-104
- Gerstlauer, H. (1979): Systematische Untersuchungen zur Fressstellen-einschränkung bei Milchkühen im Liegeboxenlaufstall, Dissertation Hohenheim: 123 S.
- Glowa, J. R.; Gold, P. W. (1991): Corticotropin releasing hormone produces profound anorexigenic effects in rhesus monkey. *Neuropeptides* 18, 55-61
- Goff, JP. (1999): Physiological factors to consider in order to prevent periparturient disease in the dairy cow, with special emphasis on milk fever. In: Western Dairy Management Conference; 1999 April 8-10; Las Vegas, Nevada.
- Goff, J. P.; Horst, R. L. (1997): Physiological changes at parturition and their relationship to metabolic disorders. *J. Dairy Sci.* 80, 1260-1268
- Grauvogl, A.; Pirkelmann, H.; Rosenberger, G.; Zerboni, D.I.; Sposetti, H.N. (1997): Artgemäße und rentable Nutztierhaltung. BLV Verlagsgesellschaft mbH, München
- Gröhn, Y. T.; Erb, H. N.; McCulloch, C. E.; Saloniemi, H. S. (1990): Epidemiology of reproductive disorders in dairy cattle: Associations among host Characteristics, disease and production. *Prev. Vet. Med.* 8, 25-39
- Gruber, L.; Schwarz, F.J.; Erdin, D.; Fischer, B.; Spiekers, H.; Steingäß, H.; Meyer, U.; Chassot, A.; Jilg, T.; Obermaier, A.; Guggenberger, T. (2004): Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen. *Forum angewandte Forschung*. 2004, - 24./25.03.2004. <http://www.db-alp.admin.ch/de/publikationen/docs/2647.pdf>
- Grubert, L.; Guggenbeger, T.; Steinwigger, A.; Häusler, J.; Schauer, A.; Steinwender, R.; Wenzel, W.; Steiner, B. (2001): Vorhersage der Futteraufnahme von Milchkühen auf Basis der Fütterungsversuche der BAL Gumpenstein. 28. Viehwirtschaftliche Fachtagung, 2. - 3. Mai 2001, 11-36 Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 Irdning
- Grummer, R. R. (1992): Etiology of lipid-related metabolic disorders in periparturient dairy cows. *J. Dairy Sci.* 76, 3882-3896
- Grummer, R. R. (1995): Impact of changes in organic nutrient metabolism on feeding the transition dairy cow. *J. Anim Sci.* 73, 2820-2833

- Grummer, R. R. (1996): Close-Up Dry Periode: Feeding Mangement for a Smooth Transition
<http://www.wcds.afns.ualberta.ca/Proceedings/1996/wcd96023.htm>
- Grützner (1993): Ethologische Untersuchungen zum Flächenbedarf von Kälbern unter Laufstallbedingungen. Dissertation. Technische Universität München-Weihenstephan
- Hackl, P. (2005): Einführung in die Ökonometrie. by Pearson Studium.
- Harb, M.Y.; Reynolds, V.S.; Campling, R.C. (1985): Eating behaviour, social dominance and voluntary intake of silage in group-fed milking cattle. –In: Grass and Forage Science 40: S. 113-118.
- Harms, J.H. (2004): Untersuchungen zum Einsatz verschiedener Varianten des Tierumtriebs bei automatischen Melksystemen (Einboxenanlagen). Dissertation, Technische Universität München
- Hashem, M.; Bahram, P. (1997): Working with Microfit 4.0 Interactive Econometric Analysis. Oxford University.
- Hayirli, A.; Grummer, R.R.; Nordheim, E.V.; Crump, P. M. (2002): Animal and Dietary Factors Affecting Feed Intake during the Prefresh Transition Period in Holsteins. J. Dairy Sci. 85:3430–3443
- Helmbold, A. (2005): Einfluss verschiedener Grade von Schweregeburten auf die Leistungsentwicklung von Milchkühen in der folgenden Laktation. Tierklinik für Fortpflanzung, Freie Universität Berlin
- Hoffman, P.C.; Brehm, N.M.; Price, S.G.; Prill-Adams, A.; (1996): Effect of accelerated postpubertal growth and early calving on lactation performance of primiparous Holstein heifers. Journal of Dairy Science 79, 2024–2031.
- Holter, J. B.; Urban Jr, W. E.; (1992): Water partitioning and intake in dry and lactating Holstein cows. J. Dairy Sci. 75:1472– 1479.
- Hörning, B. (2003): Nutztierethologische Untersuchungen zur Liegeplatzqualität in Milchviehlaufstallsystemen unter besonderer Berücksichtigung eines epidemiologischen Ansatzes. Kassel, Univ., Fachber. Ökolog. Agrarwiss, Habil.-Schr.

- Horstmann, K. (2004): Inter- und intraindividuelle Varianz von Futteraufnahme, Energiebilanz sowie metabolisch-endokrinologischen Leitparametern im Blut von hochleistenden Kühen in der Früh lactation. Dissertation, Tierärztliche Hochschule Hannover
- House, W. A.; Bell, A. W. (1993): Mineral Accretion in the Fetus and Adnexa during Late-Gestation in Holstein Cows. *J. Dairy Sci.* 76, 2999-3010
- Hughton, P.L.; Corah, R.C. (1989): Calving difficulty in beef cattle. URL: www.oznet.ksu.edu/library/LVSTK2/C705.pdf
- Huzzey, J. M.; Keyserlingk, M. A. G.; Weary, D. M. (2005): Changes in Feeding, Drinking, and Standing Behavior of Dairy Cows during the Transition Period. *J. Dairy Sci.* 88: 2454–2461
- Ingvarsen, K. L.; Andersen, H. R.; Foldager, J. (1992): Effect of sex and pregnancy on feed intake capacity of growing cattle. *Acta Agric. Scand., Sect. A, Anim. Sci* 42, 40-46
- Ingvarsen, K. L.; Andersen, H. R. (2000): Integration of metabolism and intake regulation: A review focusing on periparturient animals. *J. Dairy Sci.* 83, 1573-1597
- Ipema, A.H.; Wierenga, H.K.; Metz, J.; Smits, A.C.; Rossing, W. (1988): The effects of automated milking and feeding on the production and behaviour of dairy cows. –In: Automation of feeding and milking: production, health, behaviour, breeding. Proceedings of the EAAP-symposium of the Commissions on Animal management and health and cattle production, Pudoc, Wageningen: S. 11-23.
- Ishikawa, H. (1987): Observation of lymphocyte functions in perinatal cows and neonatal calves. *Jpn.J.Vet Sci.* 1987; 49: 469-75.
- Jahnke, B (2002): Verluste in der Kälber- und Jungrinderaufzucht ökonomisch betrachtet. 10.07.2003, www.landwirtschaft-mv.de/verluste.mv
- James, N. S.; Wendy, A. S. (2002): The 100-Day Contract with the Dairy Cow: 30 Days Prepartum to 70 Days Postpartum. www.wcds.afns.ualberta.ca.
- Jeroch, H.; Drochner, W.; Simon, O. (1999): Ernährung landwirtschaftlicher Nutztier. Eugen Ulmer GmbH & Co.

- Johanson, J.M.; Berger, P.J. (2003): Birth weight as a predictor of calving ease and perinatal mortality in Holstein cattle. *J. Dairy Sci.* 86, 3745-3755
- Kashiwazaki, Y.; Maede, Y.; Namioka, S. (1985): Transformation of bovine peripheral blood lymphocytes in the perinatal period. *Jpn. J. Vet. Sci.* 47:337.
- Katz, U. (2006): Liegeverhalten von Milchkühen auf unterschiedlichen Hochboxenbelägen, Diplomarbeit, Nürtingen – Geislingen
- Kehrli, M. E. Jr.; Goff, J. P.; Harp, J. A.; Thurston, J. R.; Norcross, N. L. (1990): Effects of preventing periparturient hypocalcemia in cows by parathyroid hormone administration on hematology, congenitine, immunoglobulin, and shedding of *Staphylococcus aureus* in milk. *J. Dairy Sci.* 73:2103
- Konggaard, S.P. (1983): Feeding conditions in relation to welfare for dairy cows in loose-housing systems. –In: Baxter, S.H., M.R. BAXTER & J.A.D. McCormack (Hrsg.) *Farm Animal Housing and Welfare*. Martinus Nijhoff, Dordrecht, Niederlande: S. 272-280.
- Krahn, D. D.; Gosnell, B. A.; Grace, M.; Levine, A. S. (1986): CRF- antagonist partially reverses CRF- and stress-induced effects on feeding. *Brain Res. Bull.* 17 (3), 285-289
- Krohn, C.C.; Munksgaard, L. (1993): Behaviour of dairy cows kept in extensive (loose housing/pasture) or intensive (tie stall) environments. II. Lying and lying-down behaviour. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 37, 1-16
- Lehr, A. (1997): Verhaltensphysiologische Reaktionen bei Mutterkühen und ihren Kälbern im peripartalen Zeitraum. *Wissenschaftliche Mitteilungen der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Völkenrode. Sonderheft 177*. S. 138-148
- LFL, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (2003): Zuchtwertschätzung für Kalbeverlauf und Totgeburtenrate. <http://www.lfl.bayern.de/itz/rind/03114/>
- Little, W.; Sansom, B.F.; Manston, R.; Allen, W.M. (1984): Importance of water for the health and productivity of the dairy cow. *Vet.Sci. Nov*; 37(3):283-289.
- Mlaouhi, A. (2010): Untersuchungen zum Einfluss der Fütterungsintensität während der Aufzucht auf Milchleistung und physiologische Kennwerte beim Milchrind-eine Zwillingsstudie. Diss. HU-Berlin

- Maltz, E.; Silanikove, N.; Shalit, U. (1994): Diurnal Fluctuations in Plasma Ions and Water Intake of Dairy Cows as Affected by Lactation in Warm Weather *J. Dairy Sci* 77:263-2639
- Marie, K.T. (2006): Analyse möglicher Ursachen von Totgeburten in MLP-Milchviehbetrieben anhand Kriterien des Betriebsmanagements - eine statistische Erhebung in Thüringen. Dissertation aus der Klinik für Rinder der Tierärztlichen Hochschule Hannover.
- Martine, B.; Markus, S.; Frany, S.; Michael, K.; Wolfgang, L. (2001): Effect of water restriction on feeding and metabolism in dairy cows. *Am J Physiol Regulatory Integrative Comp Physiol* 280:418-427
- Martinez, M. L.; Freeman, A. E.; Berger, P. J. (1983a): Factors affecting calf livability for Holsteins. *J. Dairy Sci.* 66, 2400-2407
- McClandlish, A.C. (1922): Studies in the growth and nutrition of dairy calves. *J. Dairy Sci.*, 7: 301-320
- McDermott, J.J.; Allen, O.B.; Martin, S.W.; Alves, D.W. (1992): Patterns of stillbirth and dystocia in Ontario cow-calf herds. *Can. J. Vet. Res.*, 56: 47-55
- Mee, J.F. (2008): Prevalence and risk factors for dystocia in dairy cattle: A review. *Veterinary Journal* 176, 93-101
- Mee, J.F. (2004): Managing the dairy cow at calving time. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 20, 521-546
- Mehrzad, J.; Duchateau, L.; Pyörälä, S.; Burvenich, C. (2002): Blood and Milk Neutrophil Chemiluminescence and Viability in Primiparous and Pluriparous Dairy Cows During Late Pregnancy, Around Parturition and Early Lactation. *J. Dairy Sci.* 85:3268–3276
- Meijering, A. (1984): Dystocia and stillbirth in cattle – a review of causes, relations and implications, *Livestock Production Science* 11 (1984), pp. 143–177
- Mertens, D.R. (1987): Predicting Intake and Digestibility Using Mathematical Models of Ruminal Function. *Journal of Animal Science* 64: 1548-1558.
- Meyer, C. L.; Berger, P. J.; Koehler, K. J. (2000): Interactions among Factors Affecting Stillbirths in Holstein Cattle in the United States. *J. Dairy Sci* 83:2657–2663

- Meyer, C. L.; Berger, P. J.; Koehler, K. J.; Thompson, J. R.; Sattler, C. G. (2001): Phenotypic trends in incidence of stillbirth for Holsteins in the United States. *J. Dairy Sci.* 84, 515-523
- Murphy, M.R (1992): Water Metabolism of Dairy Cattle. *J.Dairy Sci* 75:326-333
- National Research Council (2001): Nutrient Requirement of Dairy Cattle. 7th Rev.Ed. Natl.Acad. Sci., Washington, Dc.
- Nebel, R.L.; Dransfield, M.S.; Jobst, S.M.; Bame, J.H. (2000): Automated eletronic systems for the detection of oestrus and timing of AI in cattle. *Anim Reprod Sci*, 60-61: 713-723.
- Nerge.K.M (2004): Ohne Wasser keine Milch. *Nutztierpraxis Aktuell. Ausgabe 10. September 2004*
- Neumann.S (2004): Bedeutung von Wasser für Milchkühe *Nutztierpraxis Aktuell. Ausgabe 10. September 2004*
- Nix, J.M.; Spitzer, J.C.; Grimes, L.W.; Burns, G.L.; Plyler, B.B. (1998): A retrospective analysis of factors contributing to calf mortality and dystocia in cattle. *Theriogenology* 49, 1515-1523
- O'Brien, T.; Stott, G. H. (1977): Prepartum serum hormone concentrations related to dystocia in Holstein heifers. *J. Dairy Sci.* 60:249-253.
- Olofsson, J. (1994): Competition for feed in loose housing systems. –In: *Proceedings of the Third International Dairy Housing Conference, Orlando, Florida*: S. 825-828.
- Olofsson, J. (1999): Competition for total mixed diets fed for ad libitum in-take using one or four cows per feeding station. –In: *J. Dairy Sci.* 82: S. 69- 79.
- Osborne, V. R.; Leslie, K. E.; McBride, B. W.(2002): Effect of supplementing glucose in drinking water on the energy and nitrogen status of the transition dairy cow. *Can. J. Anim. Sci.* 82:427–433.
- Petrusz, P.; Merchenthaler, I. (1992): The corticotropin-releasing factor system. In: *Neuroendocrinology*, S. 129-183, C. B. Nemeroff, ed. CRC Press, Boca Raton

- Philipsson, J.; Foulley, J. L.; Lederer, J.; Liboriussen, T.; OSINGA, A. (1979): Sire evaluation standards and breeding strategies for limiting dystocia and stillbirth. *Livest. Prod. Sci.* 6, 111-127
- Pirkelmann, H. (1992): Feeding strategies and automatic milking. –In: Prospects for automatic milking. EAAP Publication No. 65, Wageningen: S. 289-295.
- Porzig, E. (1987): Verhaltensinventare und Tier- Umwelt- Beziehungen. –In: SCHEIBE, K.M. (1987): Nutztiervershalten. Fischer, Jena: 266 S.
- Proudfoot, K. L.; Huzzey, J.m.; Keyserlingk, M.A.G. (2009): The effect of dystocia on the dry matter intake and behavior of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 92:4937–4944.
- Rabelo, E.; Rezende, R. L.; Bertics, S. J.; Grummer, R. R. (2003): Effects of Transition Diets Varying in Dietary Energy Density on Lactation Performance and Ruminant Parameters of Dairy Cows. *J. Dairy Sci.* 86:916-925.
- RBB. (2005): Änderung des Geburtsverlaufsschlüssels. *Journal für Rinderzüchter in Berlin – Brandenburg* 3/2005 Seite 72.
- Reiter, K.; Tutsch, S.; Plesch, G.; Oppermann, P.,(2007): Verhaltensuntersuchungen bei Gelbvieh und Fleckvieh zur Optimierung der Liegefläche. Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten.
- Rice, L. E.; Wiltbank, J. N. (1970): Dystocia in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 30:1043.
- Rice, L.E. (1994): Dystocia-related risk factors. *Vet. clin. North Am food anim. pract.*, 10(1):53-68
- Richter, T. (2006): Krankheitsursache Haltung- Beurteilung von Nutztierställen ein tierärztlicher Leitfaden, Enke Verlag in MVS Medizinverlage Stuttgart GmbH.
- Rist, M. (1969): Nutztierethologie als Grundlage der Laufstallgestaltung für Milchkühe. In: *Landwirtschaft Schweiz*, 2: S. 77-83.
- Rossow, R. (2002): Die Führung der Milchkuh durch die Trockensteh und Transitperiode, Teil 1: Die Stoffwechselsituation im geburtsnahen Zeitraum. www.portal-rind.de/portal/index.php
- Rossow, R. (2002 a): Die Hochleistungskuh - eine krankheitsanfällige und medikamentenabhängige Produktionsmaschine. <http://www.portal-rind.de>

- Rossow, R. (2003): Die Energiebilanzsituation der Milchkuh in der Frühlaktation.
www.portal-rind.de/portal/index.php.
- Ruckebusch, Y.; Malbert, C. H. (1986): Stimulation and inhibition of food intake in sheep by centrally-administered hypothalamic releasing factors. *Life Sci.* 38, 929-934
- Sambraus, H.H. (1971): Zum Liegeverhalten der Wiederkäuer. *Züchtungskunde* 43, 187-198
- Sambraus, H.H. (1991): *Nutztierkunde*. 1 Stuttgart, Eugen Ulmer GmbH.
- Sandra, R. S. (1999): Feeding the transition dairy cow.
<http://tcebookstore.org/pubinfo.cfm?pubid=899>
- Schlichting, M.; Smid, D. (1987): Merkmale des Ruheverhaltens als Indikator zur Beurteilung von Haltungssystemen beim Rind und Schwein. *Aktuelle Arbeiten zur Artgemäßen Tierhaltung. KTBL-Schrift* 319, S.56-68
- Schön, H. (1969): Voraussetzungen und Möglichkeiten einer Mechanisierung der Vorratsfütterung in Rinderlaufställen. –In: *KTBL-Berichte über Landtechnik* 133, S. 66-88
- Senger, P.L. (1994): The estrus detection problem: new conception, technology and possibilities. *J Dairy Sci*, 77: 2745-2753.
- Shaw, E. B.; Houpt, K. A., D.; Holmes, F. (1988): Body temperature and behaviour of mares during the last two weeks of pregnancy *Equine. Vet. J.* 20, 199-202
- Sieber, M.; Freeman, A. E.; Kelley, D. H.. (1989): Effects of body measurements and weight on calf size and calving difficulty of Holsteins. *J. Dairy Sci.* 72:2402–2410.
- Silanikove, N.; Maltz, E.; Halevi, A.; Shinder, D. (1997): Metabolism of Water, Sodium, Potassium, and Chlorine by High Yielding Dairy Cows at the Onset of Lactation. *J Dairy Sci* 80:949–956
- Sloss, V. (1974): A clinical study of dystocia in cattle. 2. Complications *Aust. Vet. J.* 50, 294-297
- Smolny, W.; Scherfling, R.: (2006): Lineares Regressionsmodell. Fakultät für Mathematik und Wirtschaftswissenschaften Universität Ulm. Sommersemester 2006

- Speicher, J.A.; Hepp, R.E. (1973): Factors associated with calf mortality in Michigan dairy herds. *J.A.V.M.A.*, 162: 463-465
- Spiekers, H.; Potthast, V. (2004): Erfolgreiche Milchviehfütterung. 4 ed, DLG-Verlags Gmbh.
- Stabel, J. R.; Kehrli Jr, M. E.; Thurston, J. R.; Goff, J. P.; Boone, T. C. (1991): Granulocyte colony-stimulating factor effects on lymphocytes and immunoglobulin concentrations in peri parturient cows. *J. Dairy Sci.* 74:3755.
- Stamer, E.; Reinsch, N.; Junge, W. (2000): Merkmale des Fressverhaltens zur Schätzung der Grundfutteraufnahme von Milchkühen unter Laufstallbedingungen. –In: *Züchtungskunde* 72: S. 340-358.
- Staufenbiel, R. (2004): Herdenüberwachung – Bestandesbetreuung. In: Busch, W.; Methling, W. und Amselgruber, W.M. (2004): Tiergesundheits- und Tierkrankheitslehre. Parey Verlag Stuttgart. S. 141-162.
- Staufenbiel, R.; Gelfert, C. (2002): Die Berufskrankheiten der Hochleistungskuh. *Neue Landwirtschaft, Ausgabe 11/2002, Sonderheft Rind* S. 36-45.
- Sternberg, K. (2005): Untersuchungen zum Fütterungseinfluß auf die Laktationsleistung von genetisch identischen Zwillingskühen. Bsc;HU-Berlin.
- Sternberg, K. (2007): Einfluss der Fütterungsintensität in der Milchrindaufzucht auf Entwicklung und Leistung der Tiere-ein Zwillingsversuch. Msc;HU-Berlin.
- Straiton, E.C. (1991): Rinder- und Kälberkrankheiten + Geburtshilfe. 4 München, BLV Verlagsgesellschaft mbh
- Stumpenhausen, J. (2001): Tieraktivitätsmessungen mit Pedometern zur Verbesserung des Gesundheits und Fruchtbarkeitsmanagements in Milchviehherden. Tagung Bau, Technik und Umwelt in der landwirtschaftlichen Nutztierhaltung, Hohenheim, 6-7. März 2001.
- Südekum, K. (2001): Fütterung der Hochleistungskuh um den Geburtszeitpunkt.
http://www.vilomix.com/downl/2000_1.pdf.

- Südekum, K. (2003): Die Vorbereitungs- und Fütterung der Hochleistungskuh - Theorie und Praxis. Schriftenreihe der Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Fakultät der Universität Kiel, *Heft 98*: 115-124
- Süss, M.; Andeae, U. (1984): Spezielle Ethologie Rind. Hrsg.: Bogner, H.; Grauvogl, A.: Verhalten landwirtschaftlicher Nutztiere. 1 Stuttgart, Eugen Ulmer GmbH.
- Thompson, J. R.; Pollak, E. J.; Pelissier, C. L. (1983): Interrelationships of parturition problems, production of subsequent lactation, reproduction, and age at first calving. *J. Dairy Sci.* 66: 1119-1127
- Vansaun, R.J. (1991): Dry cow nutrition. The key to improving fresh cow performance. *Vet Clin North Am Food Anim Pract.* 1991 Jul; 7 (2):599-620
- Vasquez-Anon, M.; Bertics, S.; Luck, M.; Grummer, R. R. (1994): Peripartum liver triglyceride and plasma metabolites in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 77, 1521-1528
- Wangler, A.; Meyer, A.; Rehbock, F.; Sanftleben, P. (2007): Wie effizient ist die Aktivitätsmessung als ein Hilfsmittel in der Brunsterkennung bei Milchrindern? Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei M-V
- Wechsler, B.; Schaub, J.; Friedli, K.; Hauser, R. (2000): Behaviour and leg injuries in dairy cows kept in cubicle systems with straw bedding or soft lying mats. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 69, 189-197
- Wegner, W. (1993): Genetisch bedingte Geburtsstörungen In: E. Grunert u. K. Arbeiter: Tiergeburts-hilfe, 4. Aufl., Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, 222-244
- Wierenga, H.K.; Hopster (1990): The significance of cubicles for the behaviour of dairy cows. –In: *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 26: S. 309-337.
- Wierenga, H.K.; Metz, J.H.M.; Hopster, H. (1985): The effect of extra space on the behaviour of dairy cows kept in a cubicle house. –In: Proceedings of the CEC seminar about social space for domestic cattle. Martinus Nijhoff publishers, Dordrecht, Niederlande: S. 160-170.
- Winter, A.; Teverson, R.M.; Hillerton, J.E. (1992): The effect of increased milking frequency and automated milking systems on the behaviour of the dairy cow. –In: Prospects for Automatic Milking, *Proc. of Int. Symp.*: S. 261-269.

-
- Wolf, J.; Wangler, A. (2000): Die Bewegungsaktivität der Kühe als Hilfsmittel für die Brunsterkennung. SRV-Journal, 1/00, 28-30
- Zamet, C. N.; Colenbrander, V. F.; Callahan, C. J.; Chew, B. P.; Erb, R. E.; Moeller, N. J. (1979): Variables Associated with Peripartum Traits in Dairy-Cows .1. Effect of Dietary Forages and Disorders on Voluntary Intake of Feed, Body-Weight and Milk-Yield. Theriogenology 11, 229-244
- Zeeb, K. (1986): The influence of the housing system on locomotory activities In: Cattle housing systems, lameness and behaviour (Eds.: WIERENGA, H. K., D. J. PETERSE) Proceedings of a seminar on the influence of the design of housing systems for cattle on lameness and on behaviour, held in Brussels on June 3-4, 1986 at the Commission of the European Communities Martinus Nijhoff, Dordrecht; 101 – 106

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, Siraj Raya, an Eides statt, die vorliegende Dissertation selbstständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt zu haben

Datum Unterschrift